



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique

Département : Biochimie et Microbiologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Thème

**Valorisation de lactosérum dans la reconstitution
du lait reconstitué partiellement écrémé**

Présenté par:

M^{elle} MOUSSOUSSE Sadjia

M^r NAIT SAID Yanis

Soutenu devant le jury composé de :

Président :Mme SENOUSSE-GHEZALI Chahra.

M.A.A à UMMTO

Co-promotrice :Mlle Saci Sarah

Doctorante à UMMTO

Promoteur :Mr SEBBANE Hillal.

M.C.B à UMMTO

Examineur : Mme ALMI Dalila.

M.C.A. à UMMTO

Année universitaire 2022- 2023

Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la patience et le courage pour réalisé ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé dans ce travail.

Nous tenons à remercier très sincèrement notre promoteur Mr SEBBANE Hillal de nous avoir encadré cette étude, pour sa disponibilité, son aide et sa gentillesse, ses précieux conseils.

Nous tenons à remercier les membres de jury pour le grand honneur qui il nous fond en acceptant d'examiner ce mémoire.

. Mme ALMI- SEBBANE Dalila

. Mme SENOUSI-GHEZALI CHAHRA

En fin nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

DÉDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAILLE À :

MA FAMILLE EN TÉMOIGNE DE SON SOUTIEN ET DE SES ENCOURAGEMENTS,
MA MÈRE, QUI M'A DONNÉ LA VIE, LA TENDRESSE ET LE COURAGE POUR RÉUSSIR.

À CELUI QUI M'A TOUJOURS ENCOURAGÉ ET SOUTENU DURANT TOUTES MES
ANNÉES D'ÉTUDE MERCI

POUR TON AMOUR ET LA CONFIANCE TOTALE À TOI TRÈS CHER **PAPA**.

À MES CHÈRES FRÈRES : **MAHREZ, HAMZA, HAKIM, DJEMAL, SAMIR**.

À MES CHÈRES SŒURS : **MELISSA ; SARAH**, VOUS BÉNISSE ET VOUS PROTÈGE.

À MA MEILLEURE COPINE **HANANE**, POUR LEUR TENDRESSE ET LEURS
ENCOURAGEMENTS, QUE DIEU TE PROTÈGE ET TE RENDE HEUREUX ET T'ACCORDE
LE SUCCÈS, MERCI BEAUCOUP.

À MA CHÈRE TANTE PATERNELLE **OURDIA**, QUE DIEU TE PROTÈGE POUR MOI

À TOUS MES AMIES SANS EXCEPTION

À MON BINÔME YANIS ET À TOUTE SA FAMILLE

À MES CAMARADES DE LA SECTION

À TOUS CEUX QUI J'AIME ET M'AIME

ENFIN, À MES DIVERS COMPAGNONS DE ROUTE ET À TOUS CEUX QUI M'ONT SI
PROFONDÉMENT AIDÉ, JE

DÉDIE CE TRAVAILLE

SADJIA.

DÉDICACE

*AVANT TOUTE DÉDICACE JE TIEN À REMERCIER « ALLAH » LE
TOUT PUISSANT QUI M'A DONNÉ LE COURAGE POUR MENER CE
TRAVAIL À TERME.*

*JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL EN PREMIER LIEU À MES
TRÈS CHERS PARENTS «HOCINE» ET «NADIA» QUI M'ONT
APPORTÉ LEUR APPUI ET QUI M'ONT DONNÉ L'AMOUR ET LE
COURAGE*

*DURANT TOUTES MES ANNÉES D'ÉTUDE. QUE DIEU LEUR
PROCURE BONNE SANTÉ ET LONGUE VIE .*

*À MES TRÈS CHÈRES SŒURS LILA ET HAYËTE ,NASSIMA ,
FEROUDJA ET MON FRÈRE «LYÉS» POUR LEUR SOUTIEN
À MES AMIES «BELAID» ET «MALEK »*

*À MA BINÔME SADJIA ET À TOUTE SA FAMILLE
À TOUS CEUX QUI M'ONT AIDÉ DE PRÈS OU DE LOIN À LA
RÉALISATION DE CE TRAVAIL*

MERCI.

YANIS

Sommaire

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur le lait

I.1. définition 3

I.2. Etat de la filière lait en Algérie 4

I.3. Evolution de la production et importations des produits laitiers 5

I.4. Etat du cheptel laitier en Algérie 5

I.4.1. Types de bovin laitier 6

I.5. Principales contraintes de la production laitière 7

II.1. Composition du lait 8

II.2. Propriétés physico –chimique du lait..... 13

Chapitre II : Lactosérum

III.1. définition 16

III.2. Types du lactosérum..... 16

III.3. Sources industrielles de lactosérum 18

III.4. Composition du lactosérum..... 18

III.5. Valeur nutritionnelle et fonctionnelles du lactosérum 21

III.5.1. Propriétés fonctionnelles 21

III.5.2. Propriétés nutritionnelles..... 21

III.6. Utilisation et usage du lactosérum..... 22

Table des matières

III.6.1.Dans l'alimentation humaine.....	22
III.6.2.Dans l'alimentation animale	24
III.6.3.Dans la biotechnologie	24
III.6.4.Autres utilisation	25
III.7.Pouvoir polluant du lactosérum.....	25
III.8.Aptitude techno fonctionnelle du lactosérum.....	26
III.8.1.Propriétés moussant	26
III.8.1.1.Définition	26
III.8.1.2.Les facteurs influençant sur la stabilité de la mousse	27
III.8.2.propriétés émulsifiantes.....	27
III.8.2.1.Définition	27
III.8.2.2.Facteurs influençant l'émulsification	25
III.8.2.1a solubilité	28
III.8.2.1. Définition	28
III.8.2.2.les facteurs influençant la solubilité	28

Partie expérimentale

Chapitre IV. Matériels et méthode

IV.1.L'objectifs	29
IV.2.Matériel	29
IV.3.Méthode	29
IV.3.1.modèle de simulation de la valorisation du lactosérum	29
IV.3.1.1.le principe de calcul en modèle Excel.....	29
IV.3.1.2.Modèle mathématique adopté	30
IV.3.1.2.1.étude technico –commerciale	32
IV.3.1.2.2.estimation de l'équivalent en pollution humaine	33
IV.3.2.Méthode d'analyse physico –chimique	34
IV.3.2.1.Matière grasse et lactose	34

Table des matières

IV.3.2.2. Acidité titrable.....	34
IV.3.2.3. Mesure de ph	35
IV.3.2.4. Détermination de l'extrait sec totale et l'humidité.....	35
IV.3.2.5. Dosage des protéines.....	36
IV.3.3. L'analyse sensorielle	37
IV.3.4. Etude des propriétés techno fonctionnelles des protéines.....	37
IV.3.4.1. Pouvoir moussant	37
IV.3.4.2. Pouvoir émulsifiant	38

Résultats et discussion

V.1. résultats des analyses physico –chimique	40
V.1.1. Résultats des analyses physico-chimique des matières premiers.....	40
V.1.2. Résultats des analyses physico chimique de lait demi écrémé.....	41
V.1.3. Les résultats de la simulation	41
V.1.3.1. Les résultats des analyses physico chimiques des 4 laits (theorique)	42
V.1.3.2. Les résultats des analyses physico chimiques des 2 laits 0% et 25% (pratique) .	42
V.2. Résultats de test d'appréciation (analyse sensorielle) des différents taux d'incorporation du lactosérum	42
V.3. Les résultats techno commerciaux.....	43
V.4. Aspect environnementale	44
V.5. Les résultats du pouvoir émulsifiant et moussant.....	44
Conclusion	46

Références bibliographique

Annexes

Résumé

En Algérie, le rejet du lactosérum représente une importante source de pollution pour l'environnement. Cependant, ce sous-produit laitier riche en nutriments peut être valorisé en l'incorporant dans la fabrication de différents produits. Dans le cadre de ce travail, nous avons cherché à utiliser le lactosérum brut comme substitut totale de l'eau dans la production d'un lait reconstitué partiellement écrémé. Les proportions de lactosérum et les ingrédients nécessaires ont été calculés à l'aide d'un modèle de simulation sur Excel. Les résultats physico-chimiques obtenus correspondant aux estimations théoriques, ce qui confirme la validité du modèle d'étude. Un test de dégustation est réalisé avec un panel naïf a révélé une bonne acceptabilité du lait au lactosérum, tant en terme de couleur, d'odeur, d'amertume, que de description finale du lait. Cette étude a ainsi démontré que la valorisation du lactosérum n'a pas d'impact négatif sur la qualité du lait sur le plan techno fonctionnelle et permet de réduire la pollution causée par ce sous-produit. Sur le plan économique, cette approche permettra également de réduire considérablement les coûts de production, avec des retombés sur l'économie nationale et sur l'industrie laitière en particulier.

Mots clés : économie, Excel, lactosérum, valorisation, pollution, modèle d'étude, modèle de simulation.

Abstract

In Algeria, the waste of whey represents a significant source of pollution for the environment. However, this nutrient-rich dairy by-product can be valued by incorporating it into the manufacture of different products. As part of this work, we sought to use raw whey as a total substitute for water in the production of partially skimmed reconstituted milk. The proportions of whey and necessary ingredients were calculated using an Excel simulation model. The physicochemical results obtained correspond to the theoretical estimates, which confirms the validity of the study model. A taste test carried out with a naive panel revealed good acceptability of whey milk, both in terms of color, odor, acid taste, bitterness, and final description of the milk. This study thus demonstrated that the valorization of whey has no negative impact on the quality of milk on a techno-functional level and makes it possible to reduce the pollution caused by this by-product. On an economic level, this approach will also make it possible to considerably reduce production costs, with repercussions on the national economy and on the dairy industry in particular.

Liste des abréviations

- **Ph** : Potentiel hydrogène
- **°D** : Degré doronic
- **BSA**: Bovine serum albumin
- **Na Cl** : Chlorure de sodium
- **MG** : Matière grasse
- **MS** : Matière sèche
- **SDS** : Sodium dodecyl sulfate
- **EST** : Extrait sec totale
- **H** : Humidité
- **NaOh** : Hydroxyde de sodium
- **AT** : Acidité titrable
- **CM** : Capacité moussante
- **SM** : Stabilité moussante
- **P2O3** : L'acide phosphorique
- **IAE**: Indice d'activité émulsifiant
- **P26**: Poudre de lait entier
- **P0**: Poudre de lait écrémé

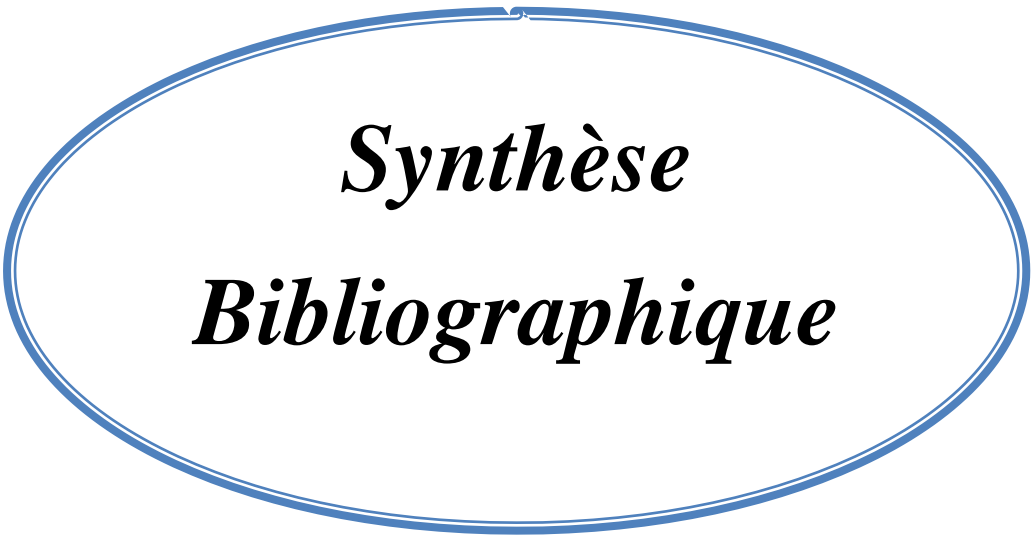
Liste des figures

Figure 1 : composition minérale de lait de vache 11


Figure 2 : Schéma sur la production des différents types de lactosérum 17

Liste des tableaux

Tableau I : évolution de la production nationale du lait cru (2009à2015).....	5
Tableau II : composition moyenne du lait de vache	8
Tableau III : teneur moyenne par litre en vitamines hydrosolubles et liposolubles dans le lait	10
Tableau IV : composition moyenne et distribution des protéines du lait	11
Tableau V : caractéristiques des principaux enzymes du lait	12
Tableau VI : propriétés physique usuelles du lait de vache.....	13
Tableau VII : teneur en vitamine du lactosérum	13
Tableau VIII : la valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum	17
Tableau IX : matériel utilisé dans la partie expérimentale	18
Tableau X : quantités de matière premières de la formulation de base pour 10 0gramme	22
Tableau XI : résultats des analyses physico –chimiques des matières premières	29
Tableau XII : Résultats des analyses physico- chimiques du lait demi écrémé	30
Tableau XIII : les résultats des analyses physico- chimiques des 4 laits (théoriques)	41
Tableau XIV : les résultats des analyses physico- chimiques des 2 produits finis.....	41
Tableau XV : les quantités et le coût de poudre avant et après la valorisation.....	42
Tableau XVI : estimation des quantités annuelles du lactosérum régénéré et de fromage produit.....	43
Tableau XVII : résultat du pouvoir émulsifiant et moussant du lactosérum	43
Tableau XVIII : résultat du pouvoir émulsifiant et moussant du lait 0% et 25% (EST/MG).....	44
Tableau XIX : résultat du pouvoir émulsifiant et moussant de lait 0% et 25% (protéine /MG).....	44



Synthèse
Bibliographique



***Introduction
générale***

Introduction générale

L'Algérie est le premier consommateur de lait dans la région du Maghreb, cet aliment domine les rations des algériens et fournit la plus grande part de protéines d'origine animale, la filière lait est un secteur clé de l'industrie agro alimentaire mais fortement dépendante des importations du lait en poudre (**Silait, 2008**).

Par contre, le lactosérum est un sous-produit de l'industrie laitière, et sans aucun doute une substance noble et abondante devenue une source importante de composés actifs et de nutriments spécifiques, aux propriétés inégalées en termes de fonctions nutritionnelles et techniques, telles que le lactose et les protéines solubles, l'eau, vitamines solubles, graisses et éléments minéraux (**Benaissa, 2018**).

Le lactosérum est un produit découvert il y a plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des Bédouins lors du transport de lait : l'acidification et la coagulation par la chaleur provoquaient la formation d'une phase liquide au-dessus d'un caillé du lait (**Sottiez p, 1995**). Pendant de nombreuses années, le lactose ou petit lait a été considéré comme un déchet encombrant, un sous produit des fromageries et caséineries dont l'utilisation, lorsqu'elle en était faite, se limitait à l'alimentation animale et à la fertilisation des champs (**De Witt ,2001**).

Le lactosérum est cependant un produit intéressant par ses teneurs en protéines riches en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane), en lactose et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B comme la thiamine et la riboflavine (**Veisseyre R ,1995**).

Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est donc nécessaire. Par ailleurs, depuis quelques années, le lactosérum a suscité l'intérêt des industries, plusieurs produits à haute valeur ajoutée ont vu le jour depuis 1970, sous une forme concentrée et fractionnée de ce lactosérum, et c'est la production de poudre de lactosérum (destiné à l'alimentation humaine et animale) et de lactose qui prédomine (**Mulvihill and Fox, 1989**).

Les protéines du lactosérum ont une très haute valeur nutritionnelle et d'excellentes propriétés fonctionnelles. Elles constituent à l'état concentré de la source de protéines recherchés tant pour l'alimentation des jeunes animaux que pour l'alimentation humaine. Elles peuvent prétendre à une large utilisation dans les industries alimentaires. Cependant l'accumulation des connaissances sur les propriétés de chacune des protéines qui les

Introduction générale

composent amène de plus en plus à envisager leur séparation en vue d'utilisation et de valorisation

L'objectif de notre travail consiste à valoriser le lactosérum dans la reconstitution du lait partiellement écrémé comme substituant d'eau de process de celui-ci, afin d'apporter une solution au déficit de production locale en lait cru, ainsi que dans réduction des facture d'importation de poudres de laits

Le travaille présente selon le plan suivant qui comprend :

- ❖ la première partie est une synthèse bibliographique présent l'état de la filière laitière en Algérie et aussi des généralités sur le lait et le lactosérum
- ❖ la deuxième partie qui passe en revue une synthèse bibliographique qui développe quelques exemples de valorisation du lactosérum et ses propriétés aptitudes fonctionnelles
- ❖ la troisième partie : matériels et méthodes, ainsi que les analyses physico chimiques du lait et les propriétés technico fonctionnelle du lactosérum, l'analyse sensorielle
- ❖ une dernière partie discutant les résultats obtenus
- ❖ enfin une conclusion



Chapitre I
Généralités sur le
lait

I.1 Définition

Le lait a été défini en 1908 au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant : « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (**Pougheon., (2001)**).

I.2. Etat du la filière lait en Algérie

Les algériens consomment annuellement l'équivalent de 5 milliards de correspond à une moyenne située entre 145 et 150 litres/hab./an. Cette forte consommation a contraint les pouvoirs publics à importer, à des prix élevés, des quantités importantes de lait prêt à la consommation pour compenser le déficit de la production nationale. Chaque année l'Algérie importe 40% de sa consommation de lait essentiellement sous forme de poudre de lait entier (**Imadalou, 2020**).

L'Algérie en est le plus gros consommateur de la région du Maghreb (premier pays), avec une population de 33,2 millions d'habitants en 2006 et une consommation nationale de plus de 3 milliards de litres. Face à cette demande croissante, la production locale (2 milliards de litres) est loin de répondre à la demande en raison d'un approvisionnement insuffisant en aliments pour animaux ,qui reste un problème majeur qui affecte la production animale en Algérie (**kadi et al ., 2007**).

L'Algérie est le deuxième importateur du lait au monde après la Chine (**Amellal1995;Bekhouche 2011**). L'Algérie dépend des importations pour plus de 60% de sa consommation de lait en poudre ,et le taux de croissance annuel moyen du marché algérien du lait et des produits laitiers est estimé à plus de 20% (**Bekhouche 2011**). Entre 1970 et 2005, la consommation de lait et de ses dérivés a augmenté en moyenne de 03,6% par année (**Hachachna1999;Cheriet 2006**).

La filière lait en Algérie se trouve actuellement dans une phase critique, face à une production locale insuffisante, aggravée par un taux de collecte très faible et une augmentation des prix de la matière première sur les marchés internationaux. La production laitière en Algérie régulièrement croissante depuis les années 80 est très faiblement intégrée à la production industrielle des laits et dérivés. La production laitière nationale s'est stabilisée autour de 1 milliard de litres jusqu'à l'année 1997. Cependant le taux d'intégration, qui

correspond à la part du lait collecté dans les quantités totales produites, reste très faible, inférieur à 10% (Bencharif, 2001).

I.3. Evolution de la production et importations des produits laitiers

Le lait en Algérie a un caractère hautement stratégique. Il occupe une place principale dans la ration alimentaire des algériens, qui sont d'importants consommateurs de lait. Le lait et produits laitiers occupent la deuxième place parmi les produits alimentaires importés en Algérie, ils représentent en moyenne 18,4% de la facture alimentaire totale pour un montant moyen de 868 million de dollars par an (Makhlouf, 2015). La filière lait est un des secteurs privilégiés dans le cadre du soutien à la croissance économique. Elle a bénéficié largement des réformes et politiques déployées par l'Etat qui l'évolution remarquable dans la production de lait cru qui est passée d'un volume de 1,5 milliards de litres en 2009 à plus de 3,7 milliards de litres en 2015 (Kouidri *et al.*, 2018). Cependant, l'évolution de la production n'a pas pu suivre le rythme de la demande qui est en augmentation continue et il reste un énorme écart à combler en recourant toujours à l'importation. Jugée stratégique, la filière lait a bénéficié du soutien financier de l'Etat à tous les niveaux, depuis le premier programme de réhabilitation de la filière lait en 1995. Ce soutien a été mis en œuvre à travers deux Fonds : le Fonds National de Régulation et du Développement Agricole (FNRDA) et le Fond National de Développement de l'Investissement Agricole (FNDIA). Cet effort budgétaire a été encore renforcé dans le Plan National de Développement Agricole (PNDA) en 2001, élargi ensuite à une dimension rurale en 2002 (PNDAR) et enfin dans le Renouveau Agricole à partir de 2009 (Makhlouf, 2015).

Le tableau I ci dessous représente la production nationale du lait cru en Algérie :

Tableau I : Evolution de la Production Nationale du Lait Cru de (2009 à 2015) (Kalli *et al.*,) 2018)

Années	Production nationale (10 ⁶ litres)
2009	2394
2010	2632
2011	2926
2012	3088
2013	3368
2014	3548
2015	3753
Moyenne	3101

I.4. Etat du cheptel laitier en Algérie

En Algérie, 80% de la production laitière est assurée par le cheptel bovin (**Kacimi el Hassani, 2013**).le reste par le lait de brebis et le lait de chèvre. La production laitière cameline est marginale (**Driss A. 2017**).

L'Algérie demeure l'un des principaux importateurs mondiaux du lait et de la viande pour couvrir les besoins de la population. Cette situation est la résultante de nombreuses entraves écologiques, techniques et socioéconomiques qui limitent le développement de l'élevage bovin en Algérie.

Depuis septembre 2000, le « PNDA » a été lancé par le ministère de l'agriculture et du développement rural. Dans l'espoir d'aboutir à un développement durable (**Anonyme, 2014**).

En Algérie, la filière bovin est un indicateur assez important dans l'économie, car elle est à la source d'une partie de la demande du pays en protéines animales développe la main – d'œuvre en milieu rural, mais elle est affectée par plusieurs contraintes, principalement dépend de la politique nationale concernant l'environnement, la matière animale, surtout depuis l'indépendance (**Mouffok, 2007**).

Malgré les différences dans les sources de données, la taille et le développement du troupeau restant limité .l'élevage bovin en Algérien est de 80% ,le troupeau est situé dans la zone périurbaine de tyran, occupant la partie nord du pays ,la partie orientale étant la partie dominante (53% dans la partie orientale ,Est ,ouest 24%,centre 23%) (**Debouzebda-Afri 2007**).

I.4. 1.Types du bovin laitier

En Algérie le cheptel bovin est réparti en trois types :

Le Bovin Laitier de race importée dit «BLM»

Hautement productif, conduit en intensif, dans les zones de plaine et dans les périmètres irrigués où la production fourragère est assez importante, il est introduit principalement à partir d'Europe et comprend essentiellement les races Montbéliarde, Frisonne et Holstein. En 2012, le BLM représentait 28% de l'effectif total (25,7% en 2000) et assurait environ 70% de la production totale de lait de vache. Les rendements moyens de ce cheptel sont de l'ordre de 4 000 à 4 500 litres /vl/an (**MADR, 2013**). Ce rendement élevé n'en reste pas moins loin du potentiel génétique de ces races laitières.

✚ Le Bovin Laitier Amélioré «BLA»

C'est un ensemble constitué de croisements entre la race locale «Brune de l'Atlas» et les races introduites. Le BLA est localisé dans les zones de montagne et forestières. En 2012, le BLA représentait 38% de l'effectif national et assurait environ 30% de la production totale de lait de vache. Les rendements moyens varient entre 3 000 à 3 500 litres/vl/an (**MADR, 2013**).

✚ Le Bovin Laitier Local «BLL»

Le BLL représente 34% de l'effectif total des vaches laitières, soit environ 300 mille têtes (**Soukehal, 2013**). Ce cheptel reste beaucoup plus orienté vers la production de viande et le lait est surtout destiné à l'alimentation des jeunes animaux (autoconsommation). De plus, ce cheptel est localisé dans les régions de collines et de montagnes (**Kali et al., 2011**). Enfin, la production laitière issue de ce cheptel n'est pas comptabilisée car elle ne fait pas l'objet de transactions laitières.

I.4. Principales contraintes de la production laitière

les exploitations laitières qui ne peuvent pas produire leurs propres intrants sont en effet presque entièrement dépendantes des matières premières importées (maïs ,tourteaux de soja) pour la production d'aliments composés . Les éleveurs allouent des terres agricoles réduites à la production fourragère (en concurrence avec d'autres cultures, notamment les céréales).

Dans les années 1970, avec le développement du lait en poudre importé, le rythme de collecte industrielle du lait décline rapidement, et cette situation de marginalisation industrielle de la filière lait se maintient jusqu'au milieu des années 1990. La transformation industrielle est difficile du fait de poudre contenue dans les emballages, conduisant à des filières informelles sous forme de vente directe de lait ou de produits laitiers transformés artisanalement (**Mamine 2021**)

L'élevage bovin laitier en Algérie continue à être soumis à un ensemble de contraintes qui freinent son essor. En amont, le système de production continue de souffrir du niveau technique limité des éleveurs, associé aux entraves climatiques et socio-économiques, qui sont à l'origine de la faible productivité des élevages à base de populations locales (**Riahi, 2008**). Sur le plan technique, le problème majeur que rencontre la production laitière est lié à l'alimentation (niveau de chargement ; quantité de concentré et offre fourragères) des vaches laitières dans les élevages et l'insuffisance de l'offre fourragère (**Houmani, 1999 ; Madani et al, 2004 ; Bouzida et al, 2010 ; Bekhouche-Guendouz ,2011**).

II.1. Composition du lait

La composition du lait est représentée dans le tableau ci-dessous

Tableau II : composition moyenne du lait de vache (Alais et al., 2008).

Substances	Composition (g/l)	Etat physique des composantes
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%)
Glucide (lactose)	49	Solution
Lipides	35	Emulsion des globules gras (3-5µm)
Matière grasse proprement	34	
Lécithine (phospholipides)	0,5	
Partie insaturable (stérol, carotène, tocophérols)	0,5	
Protides	34	Suspension micellaire de phosphocaséinates de calcium (0,08 à 0,12µm)
Caséine	26	
Protéines solubles (albumine, globuline)	2,5	Solution colloïdale
Substances azotées non protéiques	1,5	Solution vraie
Sels	9	Solution ou état colloïdale
De l'acide citrique	2	
De l'acide phosphorique (P ₂ O ₃)	2,6	
Du chlorure de sodium (Na Cl)	1,7	
Constituantes divers (Vitamine, enzymes, gaz dissous)	Trace	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

➤ Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait en proportion la présence d'un dipôle et de permet de former une solution vraie avec la substance polaire telles que les glucides minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophile du sérum (Vignola, 2002).

L'eau se trouve sous deux formes :

-l'eau extra micellaire représente environ 90% de l'eau totale, et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote solubles.

-l'eau intra micellaire représente environ 10% de l'eau totale ; une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre concerne des propriétés solvants (Mahaut et al., 2003).

➤ La matière grasse

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides (98%), de phospholipide (1%) et d'une fraction insaponifiable (1%) constituées en grande partie de cholestérol et de b-carotène (**Amiot *et al.*, 2002**).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatiles (acide acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre et betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'au 60Kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (**Stoll, 2003**).

➤ Les Vitamines

Selon **Vignola (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement essentielles à la vie car elles participent en tant que cofacteurs à la réaction et échanges enzymatique au niveau de la membrane cellulaire. Le corps humain ne peut pas les synthétiser (**tableaux III**). On distingue les vitamines hydrosolubles (vitamines B et vitamine C) en quantité constante d'une part et les vitamines liposolubles (A, D, E et K) d'autre part (**Jeantet et coll (2008)**).

Tableau III : Teneur moyenne par litre en vitamines hydrosoluble et liposolubles dans le lait (**Luquet, 1986**)

Groupes de vitamine	Type de vitamines	Teneurs moyennes /l
Vitamine liposolubles	Vitamine A Vitamine D Vitamine E Vitamine K	500-1000 UI 15-20 UI 1-2 mg 0,02-0,2 mg
Vitamine hydrosolubles	Vitamine B1 Vitamine B2 Vitamine B6 Vitamine B5 Vitamine pp Vitamine B12 Vitamine C	0,01-0,1 mg 0,8-3 mg 2-1 mg 2-5 mg 1-2 mg 1-8µg 10-20 µg

➤ Glucides

ils apportent de l'énergie (4 Kcal/g) et entrent dans la constitution des cellules. Le lait en contient 4,8 g/100 ml, essentiellement sous forme de lactose (hydrolysé dans l'intestin en glucose et galactose). Le lactose favorise l'absorption des minéraux (calcium, zinc...). Il possède également des propriétés importantes pour équilibrer la flore digestive (Soustre *et al.*, 2015).

Il est synthétisé par la glande mammaire à partir du glucose prélevé dans le sang. Sa faible contribution à l'apport énergétique du lait (30%), ne fait pas de ce dernier un aliment équilibré en termes de répartition calorifique (les recommandations théoriques prônent un apport de 50 à 60% de calories glucidiques) (Mathieu, 1999).

Le lait contient généralement des traces d'oligosaccharides (0,1g/l) en particulier du glucose et de galactose produits par la dégradation du lactose. Certains fabricants ont récemment introduit un lait pauvre en lactose, qui contient 90% de lactose en moins que le lait conventionnel, permettant à ces patients de continuer à boire du lait sans subir les inconvénients de cette intolérance (Lactel, 2008).

➤ Minéraux

Le lait contient une grande partie des minéraux indispensables à l'organisme (calcium, phosphore, magnésium, sodium, potassium). Les teneurs varient légèrement en fonction des races, de la saison, la nature du sol... L'intérêt du lait réside essentiellement en sa richesse en calcium (environ 120 mg/100 ml) particulièrement bien absorbé. Le principal rôle du calcium est de participer à l'édification du squelette et au maintien du capital osseux (Soustre *et al.*, 2015).

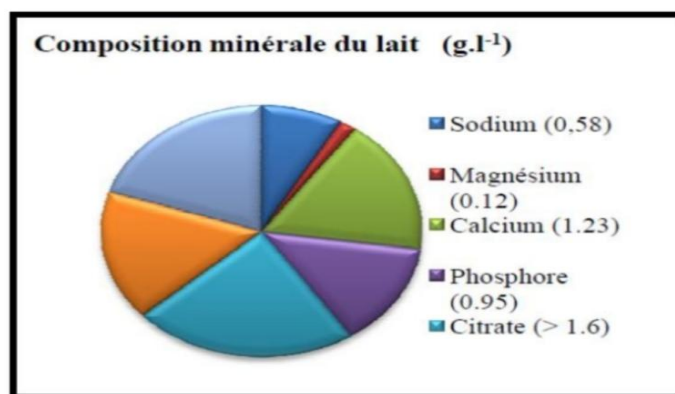


Figure n°3 : Composition minérale de lait de vache (Romain *et al.*, 2008).

➤ Protéines

30 à 35 g / l de protéines qui se répartissent en deux grandes classes, les caséines et les protéines sériques qui représentent respectivement 80 et 20 % des protéines totales. Les caséines existent sous forme d'agrégats moléculaires appelés micelles de caséines. Les protéines solubles sont considérées comme des protéines globulaires très structurées (Pougheon et al, 2001).

Tableaux IV : Composition moyenne et distribution des protéines du lait (Romain et al .2008)

	Proportion	Composition moyennes (g/l)
Totale	100	34,0
Protéines	95	32,3
Caséines :		
Caséines α	46	12,0
Caséine β	34	9,0
Caséine k	13	3,45
Caséine γ	7	1,85
Protéines solubles :		
β-lactoglobuline	50	2,9
α-lactalbumine	22	1,3
sérum- albumine	5	0,3
Globulines immunes	12	0,7
Protéoses peptones	10	0,6
Substances azotées non protéiques	5	1,7

➤ Enzymes

les enzymes sont définis comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs (Pougheon, 2001).

Tableau V: Caractéristiques des principaux enzymes du lait (Vignola, 2002)

Groupe d'enzyme	Classe d'enzyme	PH	Température (°c)	Substrats
Hydrolases (estérases)	Lipase	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
Protéases	Lysozyme	7,5	37	Parois cellulaire
	Plasmine	8	37	Microbienne caséines
Déshydrogénases ou oxydases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	
Oxygénases	Lactoperoxydase	6,8	20	Composés réducteurs+H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	

II.2. Propriétés physico chimiques du lait

Les principales propriétés physicochimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité titrable, ph : (tableaux VI)

Tableaux VI : Propriétés physique usuelles du lait de vache (Luquet 1985)

Constantes	Valeur
PH (20°C)	6,5 à 6, 7
Acidité titrable (°D)	15 à 18
Densité	1,028 à 1, 036
Point de congélation (°c)	-0,51 à -0,55
Point d'ébullition (°c)	100,5

❖ La masse volumique

Le lait contient différents éléments dispersés (micro-organismes, globules gras, micelles de caséines) qui peuvent être séparés selon leur masse volumique. Selon **Guiraud, (2003)**, la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogramme par litre, est une propriété physique qui varie selon la température puisque le volume d'une solution varie selon la température (**Vignola, 2002**).

❖ Acidité du lait

Selon **Jean et Dijon(1993)**, l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, Elle est exprimée conventionnellement en degré doronic (°D). 1°D Correspond à 0,1g d'acide lactique /litre de lait ou de lait fermenté. En effet il s'agit de la neutralisation par la soude N/9 des composants acides du lait, en présence de la phénophtaléine (**Luquet, 1985**).

❖ Le point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C. Cette propriété physique diminue avec la pression. On applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (**Lapointe-Vignola, 2002**).

❖ Ph

C'est une caractéristique qui permet de juger avec précision de la fraîcheur du lait. Le ph du lait frais est d'environ 6,7 .s'il y a des bactéries lactique, une partie du lactose dans le lait sera dégradée en acide lactique .Ce qui augmente la concentration en ions hydronium (H_3O^+) dans le lait, ce qui abaisse le ph, car : $pH = \log 1/ [H_3O^+]$ (**Kouamé-Sina et al., 2010**).

❖ Point de congélation

Le point de congélation est mesuré pour déterminer la quantité d'eau ajoutée au lait modifie sa qualité, et la réglementation stipule que le point de congélation du lait pasteurisé ne doit pas dépasser (0°C -0,520°C) (**Rijnvallei, 2013**).

En générale, toute modification de la composition du lait ou tout traitement modifiant sa quantité entraînera une modification du point de congélation (**Mathieu ,1999**).

❖ La densité

La densité de lait d'une espèce donnée, n'est pas une valeur constante, elle varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse. La densité de lait de vache est comprise entre 1030 et 1033 à une température de 20°C, à des températures différentes, il faut effectuer une correction. La densité est mesurée par le thermo-lacto-densimètre (**Alais, 1984**).



Chapitre II
Lactosérum

III. 1. Définition

Le lactosérum ou « petit lait » est un coproduit de l'industrie fromagère est le liquide jaune-vert obtenu à la suite de la séparation d'un caillé de lait coagulé (**Bardy 2016 ; Faucher, 2022**), contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/l) et riche en éléments nutritif (**Muller et al., 2003**) son ph est compris entre 5 à 6,5.

Le lactosérum est un sous-produit issu de la fabrication du fromage. En général, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé. En effet, le lactosérum représente environ entre 85 et 95% du volume du lait et conserve environ 55% des éléments nutritifs du lait (**Guimarães et al., 2010; Lapointe-Vignola C., 2002**).

III.2. Types de lactosérum

❖ Lactosérum doux

Il est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un sérum doux, pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (**Sottiez, 1990 ; De La Fuente et al., 2002**).

Lorsque le lactosérum de fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam.....etc.), est de pH variant entre 5 et 6,3 (**Morr et al., 1993**).

❖ Lactosérum acide

Obtenu par précipitation dans le lait de caséine de point isoélectrique de ph 4,6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (**Violleau, 1999**), la caséine se lie aux sels de calcium et l'acidification entraîne leur déminéralisation ,ce qui entraîne la pénétration dans le sérum sanguin d'une proportion considérable d'éléments minéraux , notamment le calcium et le phosphore(**Sottiez, 1990**).

Le lactosérum acide est plus faible en lactose et plus riche en minéraux. Ils contiennent plus de bactéries lactiques et sont moins fermentescibles que le lactosérum doux.

Des niveaux rendent la déshydratation difficile, de sorte que le lactosérum acide est généralement utilisé sous forme liquide, tandis que le lactosérum doux est généralement déshydraté. Le lactosérum aigre provient de la fabrication de pâtes fraîches et des pâtes molles la texture est douce et le ph varie entre 3,8 et 4, 6 (Bensakhria, 2018).

La figure ci- dessous représente la production des différents types du lactosérum

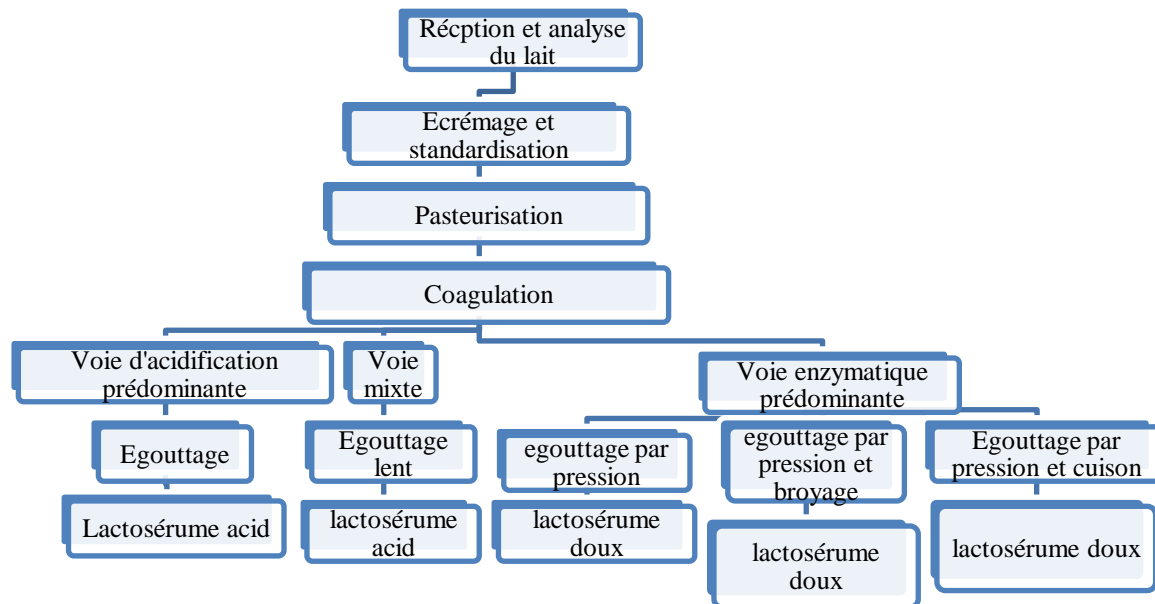


Figure n°4 : Production des différents types de lactosérum (Brady, 2016)

III.3. Sources industrielles de lactosérum

✓ La fromagerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication des fromages à partir du lait nature, ce dernier subit les processus de coagulation et de synérèse, aboutissant d'une part à une phase solide le « fromage », d'une part à une phase liquide «le lactosérum» (Laplanche, 2004)

✓ La caséinerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication du beurre à partir du lait nature. Après écrémage total de ce dernier suivi d'une extraction de la caséine par précipitation on obtient du « lactosérum écrémé » (Laplanche, 2004).

III.4. Composition du lactosérum

▪ Les vitamines

Les vitamines du sérum sont, en majorité, des vitamines hydrosolubles puisque la matière grasse a été presque totalement éliminée, entraînant avec elle les vitamines liposolubles. Parmi les vitamines présentes, on note des quantités importantes de riboflavine (B2), d'acide pantothénique, de thiamine (B1), de pyridoxine (B6), et de vitamine C (Tableau VII)

La riboflavine, qui donne sa couleur au lactosérum, est un élément gênant dans la fabrication du lactose qu'elle colore : 200 à 300 mg se fixent sur chaque gramme de lactose (Boudier, 1989).

Tableaux VII : Teneur en vitamine du lactosérum (Linden et Lorient, 1994)

Vitamines	Concentrations (mg/ml)
Thiamine(B1)	0,38
Riboflavines (B2)	1,2
Acide nicotinique (B3)	0,85
Acide pantothénique (B5)	3,4
Pyridoxine(B6)	0,42
Cobalamine (B12)	0,03
Acide ascorbique(C)	2,2

▪ Le lactose

Le lactose est le constituant le plus abondant du lait. Il représente l'essentiel de la matière sèche du sérum. C'est un sucre réducteur, de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Il est formé par l'union d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose. Dans certains sérums, le lactose est partiellement hydrolysé (0 à 6 %). Le lactose peut se présenter sous deux formes :

Lorsque le lactose ordinaire (alpha) est dissous dans l'eau, un équilibre s'établit entre les formes alpha et bêta, et ce phénomène mutationnel est à l'origine des propriétés de solubilité du lactose (Boudier, 1989).

Le lactose est caractérisé par :

- une solubilité limitée.
- un pouvoir sucrant faible. sa seule source importante dans la nature est le lait et les produits laitiers (**Visser *et al.*, 1988**).

- **Les minéraux**

Selon certaines pratiques fromagères, il y a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum. Les 8 à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (**Vrignaud, 1983**).

Ces sels minéraux constituent les éléments indésirables du lactosérum. En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile, mais il est utilisé pour la préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimiques, telle que l'électrodialyse (**Méreo, 1971 ; Linden et Lorient, 1994**).

- **Matière grasse**

Le lactosérum brut contient une certaine quantité de matières grasses du lait, mais elle est encore très faible. On le trouve le plus souvent dans la transformation industrielle du lactosérum écrémé, dont la graisse récupérée est utilisée pour fabriquer du beurre de second choix (**Linden, Lorient, 1994**).

La matière grasse représente que 0,7 % de la matière sèche du lactosérum, la quasi-totalité de la matière grasse du lait étant retenue dans le caillé. La constitution chimique du lactosérum change considérablement en fonction de la provenance du lait, des différents procédés de traitement utilisés pour le transformer en produits consommables et des opérations de fabrication (**Leghlimi, 2004**).

- **Protéines**

Les protéines du lactosérum représentent environ 20% des protéines totales du lait et les principales fractions sont β -lactoglobuline (β -Lg), α -lactalbumine (α -La), le (BSA), lactoferrine (LF) et la lactoperoxydase (LP), glycomacropéptide (GMP), immunoglobuline (Ig). Ces protéines globulaires (α -La et β -Lg) sont plus solubles dans l'eau que les caséines, sont sensibles à la chaleur et peuvent être précipitées par traitement thermique dans des

conditions appropriées de pH et de force ionique (**Zadow, 2003**). Tous les composants protéiques sont naturellement présents dans le lactosérum, à l'exception des GMPs qui sont produites à partir de la caséine lors de la première étape de la transformation enzymatique fromage (**Walzem et al., 2002 ; Madureira et al., 2007; Sharma, 2018**).

Protéines majeures

➤ **La β -lactoglobuline**

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5,1 la α -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une β -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (**Debry, 2001**).

➤ **L' α -lactalbumine**

Contient également tous les acides aminés naturels et 57% d'acides aminés indispensables. Une stimulation des défenses immunitaire, des propriétés dites « anticancéreuses » et antivirales sont caractéristiques de cette protéine (**Dahach., 2019**).

L' α -lactalbumine joue un rôle essentiel dans la réduction du risque de certains cancers car elle limite la division cellulaire (**Ganjam et al., 1997**). Dans une étude encore, il s'est également avéré efficace dans le traitement de la déclinasion cognitive. Cela est dû à la teneur élevée en tryptophane dans l' α -lactalbumine, qui augmente le rapport plasmatique tryptophane – grand acides aminés neutres (**Markus et al., 2002**).

➤ **Immunoglobuline**

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (**Thapon, 2005**).

➤ **Sérum albumine bovine (BSA)**

la BSA est très similaire à la β -lactoglobuline. Comme ce dernier, il a un groupe SH libre sur le résidu 34 par molécule (**Kinsella et Whitehead, 1989**) et diffère donc des autres protéines sériques à cet égard (**De wit, 1981**). Il se compose de 582 résidus d'acides aminés et sa structure bénéficie de 17 ponts disulfures intramoléculaires (**Cayot et**

Lorient, 1998). cependant, son impact technique est moins prononcé que celui de la β -lactoglobuline en raison de sa plus faible concentration dans le lait (**De wit, 1981**).

➤ **Lactoferrine**

La lactoferrine, une glycoprotéine liant le fer, est un antioxydant non enzymatique présent dans le lactosérum du lait ainsi que dans le colostrum. La lactoferrine du lactosérum est constituée d'environ 689 résidus d'acides aminés, tandis que la lactoferrine humaine est constituée de 691 résidus (**Pierce et al., 1991**). Quand elle est appauvrie en fer (contenant moins de 5% de fer), est appelée Apolactoferrine. Cette dernière est présente dans le lait maternel (**Steijns et Van Hooijdonk, 2000**).

III.5. Valeur nutritionnelle et fonctionnelles du lactosérum

III.5.1. Propriétés fonctionnelles

Les protéines sériques présentent d'excellentes propriétés fonctionnelles telles que la gélification, la stabilité au traitement thermique, la formation de mousse et l'émulsification (**Ramos et al., 2016**) et le lactose est un facteur favorable à la caramélisation et aux réaction de maillard, et est un très bon porteur d'arome et un bon substrat de culture la fermentation mûrit (**Sottiez, 1985**). Le tableau ci-dessous, résume les propriétés fonctionnelles du lactosérum.

III.5.2. Propriétés nutritionnelles

Le lactosérum est un produit intéressant par ses teneurs en protéines, riches en lysine, tryptophane (précurseur des neurohormone comme la sérotonine), cystéine (précurseur de la synthèse du glutathion, qui représente les principaux tri peptides antioxydants cellulaires) et acides aminés à chaîne ramifiée (BCAA) : leucine, isoleucine et valine, nécessaires à la régénération musculaire (**Gryson et al., 2008**). Le tableau ci-dessous résume les propriétés fonctionnelles du lactosérum.

Tableau VIII : La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum (Sottiez, 1985 ; Sottiez, 1990; Linden et Lorient, 1994 ; Lupin, 1998; Gerard et Debry, 2001).

Lactose	Protéines
<ul style="list-style-type: none"> ▪ le pH intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et de phosphore. ▪ Stabilité du pH évite l'installation de flores purifiantes. ▪ Un intérêt diététique fondamentale puisque il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'homme. ▪ Un facteur favorable aux réactions de caramélisation et réaction de Maillard, ainsi qu'il est un très bon support d'arôme et un bon substrat de culture pour les ferments de maturation. ▪ Constituant essentiel des cérébrosides composant les tissus nerveux. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure valeur nutritive que la caséine. ▪ Source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides amine soufrés et en tryptophane. ▪ Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse. ▪ Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur. ▪ Pouvoir moussant. ▪ La solubilité.

III.6. Utilisation du lactosérum

III.6.1. Dans l'alimentation humaine

✓ En boulangerie

Le lactosérum doux est de plus en plus utilisé dans les produits de boulangeries en raison de nombreux avantages qu'il apporte avec lui :

- ❖ Il améliore la valeur nutritionnelle grâce à l'apport important d'acide aminé essentielle ;
- ❖ Lute contre le rancissement grâce à la réaction du Maillard qui donne des complexes stables ;
- ❖ Améliore le goût et l'arôme du pain (Apria, 1980).

✓ **Fromagerie**

Les fromages secondaires sont fabriqués à partir du lactosérum s'écoulant lors de la fabrication du fromage primaire. Le plus connu est la Ricotta Italienne (**Apria, 1973**). Le lactosérum et les protéines de lactosérum sont utilisés comme matières premières dans la fabrication du fromage fondu car ils améliorent la tartinabilité et la stabilité du fromage fondu mais ne doivent pas être utilisés en quantité trop importante sous peine d'affecter la consistance du produit ou d'être à l'origine de la réaction de Maillard (**Chambre et Daurelles, 1997**).

✓ **En confiserie**

Le lactosérum a d'importantes utilisations dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins coûteux des produits laitiers utilisables du fait de son importante teneur en eau (**Vrignaud, 1983**).

✓ **En industries laitières**

Le lactosérum est très utilisé pour fabriquer des laits maternisés en poudre. Cela a pratiquement été l'une des premières utilisations de lactosérum doux (**Apria, 1973**). La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers (**Boudier et Luquet, 1989**).

✓ **En pâtisserie et biscuiterie**

La qualité des gâteaux obtenus à partir de pâtes additionnées de lactosérum est amélioré par apport aux gâteaux ne contenant pas de matière sèche du lait, leur volume et leur moelleux et leur arôme, leur brunissement et aussi leur qualité de conservation sont améliorés, par apport à des gâteaux contenant de la poudre du lait écrémé leur humidité et leur arôme sont supérieurs (**Hanning et De-Goumois, 1952 ; Pallon, 1974**). Des gâteaux contenant 10% de lactosérum doux et 2,5% de lait écrémé et moins de matières grasses, auraient un meilleur volume, même arôme et seraient plus moelleux que des gâteaux contenant 12,5% de poudre de lait écrémé (**Best, 1967**).

L'augmentation du coût des solides du lait ,du sucre et d'autres ingrédients dans les mélanges de crème glacée a incité une recherche accrue sur l'utilisation d'ingrédients tels que le lactosérum ,qui peut être une alternative moins coûteuse aux matériaux coûteux sans compromettre la qualité du produit .l'utilisation de poudre de lactosérum au lieu de lait écrémé dans les mélanges à crème glacée est non seulement rentable ,mais produit également un produit supérieur lorsque le lactosérum est utilisé correctement (Gillies ,1974 ; Nilson, 1975).

✓ Dans les glaces et les crèmes glacées

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées ou les avantages sont essentiellement d'ordre économique, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4,6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité (Apria, 1973).

III.6.2.Dans l'alimentation animale

L'alimentation animale constitue la principale débouchée du lactosérum, il est destiné à l'élevage industriel des porcs ou bien, il est incorporé dans la ration alimentaire des vaches laitières. Il peut également être ajouté aux aliments d'allaitement pour veaux (Agnes, 1986).

III.6.3. Dans la biotechnologie

• Substrat de fermentation

Le lactosérum peut servir de substrat de fermentation pour de nombreuses espèces microbiennes. Selon Botfonja (1994), la croissance de certaines souches, telles que *Streptococcus lactis*, se portent bien dans le lactosérum seul car ce dernier est riche en lactose le lactosérum est un bon milieu pour la culture de levure qui utilise le lactose comme source de carbone (Omar et Sabry, 1991).

• Production d'acide lactique

Les bactéries lactiques sont les plus souvent utilisées pour convertir le lactose contenu dans le lactosérum en acide lactique (Spalatelu, 2012) .Actuellement, près de 90% de l'acide lactique produit dans le monde provient de la fermentation des sucres par des bactéries lactiques. ces bactéries peuvent utiliser le lactosérum puis l'hydrolyser le lactose pour produire du glucose et de galactose (Pescuma *et al.*, 2015).

L'intérêt pour la production d'acide lactique a augmenté ces dernières années car il peut être utilisé pour produire de l'acide polylactique. Ce dernier est un polymère utilisé dans la production de plastiques biodégradables (**Panesar, Kennedy *et al.* 2007**).

III.6.4. Autres utilisations

Le lactose est utilisé comme exhausteur de goût, rétenteur d'arômes. Il peut être introduit dans un grand nombre de préparations : soupes, sauces de salade. Les protéines du lactosérum sont utilisées dans les préparations pour desserts (**Apria, 1973**).

III.7. Pouvoir polluant du lactosérum

Le petit-lait génère une pollution organique importante : 1 litre correspond à environ 85% de la pollution quotidienne générée par une personne (**Laplanche *et al.*, 2006**). La fabrication du lactosérum dans le monde est évaluée à 180 à 190 millions de tonnes par an (**Baldasso *et al.*, 2011**). Il pose un grand problème car c'est l'un des rejets industriels les plus polluants en raison de la fermentation organique qui peut s'y produire. Sa teneur en matière organique est très élevée et sa BDO (demande biologique en oxygène) varie autour de 40.000 mg. L-1 alors que la limite de rejet pour une industrie traitant ses effluents de manière autonome est de 30 mg. L-1 (**Poirier, 1996**).

En effet, le rejet direct du lactosérum dans les cours d'eau (rivières, ruisseaux, etc.) peut entraîner une diminution des niveaux d'oxygène dissous, une eutrophisation et des problèmes de toxicité, altérant ainsi les propriétés physico chimiques des écosystèmes aquatiques. (**Arevalo ,2017**).selon (**Baldasso *et al* ,2011**). Seule la moitié du lactosérum mondial est recyclée et il est nécessaire de développer des solutions simples pour récupérer ce sous produit.

Des procédés de filtration sur membrane ont été utilisés pour récupérer la fraction protéique du lactosérum afin de produire des concentrés de grande valeur nutritionnelle et commerciale.

Plusieurs étapes membranaires ont été proposées pour le traitement des eaux usées laitières, telles que l'ultrafiltration, la nano filtration et d'autres procédés en une seule étape (**Koyuncu *et al* ., 2000**).

Pour remédier à ce problème, différentes technologies et procédés ont été développés afin de diminuer l'impact environnemental de la gestion du lactosérum en produisant des sous-produits à valeur ajoutée (Venetsaneas *et al.*, 2009 ; Alves *et al.*, 2014).

III.8. Aptitude techno fonctionnelle du lactosérum

Les protéines de lactosérum ont des propriétés techno-fonctionnelles qui influencent la texture, la viscosité, la texture et l'arome du produit alimentaire.

III.8.1. propriétés moussantes

III.8.1.1. Définition

Une mousse est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi-solide ; il s'agit donc dans le cas le plus simple d'un système biphasique avec un mélange de deux phases non-miscibles (Bouquelet, 2008).

Les mousses sont constituées par trois phases ; la phase continue qui est formé de liquide, dans laquelle une deuxième phase importante est dispersée formée par les bulles de gaz, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse. Ces deux phases sont séparées par un espace appelé la phase interfaciale qui forme une barrière entre les bulles de gaz (Gonzalez *et al.*, 2004).

Zhu *et al* (1964), notent leur effet négative sur les propriétés moussantes des protéines du lactosérum (isolat protéique de lactosérum), notamment sur la stabilité de la mousse formée en leur présence .cette conséquence négative sur la mousse produit est probablement due à leurs action concurrentielles avec d'autre protéines sériques telles que la β -lactoglobuline et la α -lactalbumine.

Cependant, les ppt peuvent constituer de bons agents moussants et seraient même en grande partie responsables de la capacité moussante du lait due ,notamment à son composant 2 % de protéine dépourvu des protéines majeures du lactosérum telles que la BSA et la β lactoglobuline ,ainsi que du lactose , peut présenter des qualités de mousse comparable à celles du blanc d'œuf (Girardet *et al* 1995).

III.8.1.2. les facteurs influençant sur la stabilité de la mousse

- ✚ **La solubilité des protéines** : Les composés insolubles peuvent jouer un rôle bénéfique sur la stabilisation des mousses par leur effet sur la viscosité de surface (Cheftel *et al.*, 1985).
- ✚ **Le pH**: Il joue un rôle clé, même si la stabilité de la mousse est optimale, la formation d'une mousse est difficile à pHi (Thakur *et al.*, 2003).
- ✚ **La concentration en protéines**: La concentration nécessaire pour la stabilité de la mousse est comprise entre 2-8% (Halling, 1981).

III.8.2. propriétés émulsifiantes

III.8.2.1. Définition

Les émulsifiants sont de petites molécules amphiphiles avec une partie hydrophile et une partie lipophile, appelée tensioactif (Duchesne, 2002 ; Portier, 2008). Dont la fonction est de réduire la tension superficielle par adsorption à l'interface liquide – liquide, stabilisant ainsi le système de dispersion (Dickinson, 1998).

À l'instar des propriétés moussantes, les propriétés émulsifiantes des protéines sont en relation avec leurs propriétés tensioactives à l'interface liquide –liquide. L'étude des propriétés émulsifiantes des ppt a véritablement été initiée par Shimizu *et al* (1989).

Les ppt présentent des meilleures activités émulsifiantes comparativement à protéines majeures du lactosérum connues pour leur excellente propriété émulsifiantes (Shimizu *et al* 1989).

III.8.2. 2. Facteurs influençant l'émulsification

- ❖ **La stabilité** : le maintien de la stabilité de l'émulsion des protéines est affecté par le ph, lorsque la protéine est au point isoélectrique, la solubilité de la protéine est la plus faible, donc la capacité émulsifiante de la protéine diminue, en effet une bonne solubilité est propice à la diffusion de la protéine dans la phase aqueuse jusqu'à l'interface huile eau (Dickinson, 1992).
- ❖ **La température** : la formation d'émulsion est influencée par la température élevée favorise les interactions hydrophobes des protéines adsorbées à l'interface avec d'autres protéines adsorbées sur d'autres gouttelettes, auquel cas la floculation est la plus importante (Dalglish, 1996 ; Monohon *et al.*, 1996).

- ❖ **La force ionique** : L'ajout de NaCl, même à faible concentration ($5 \times 10^{-3} \text{M}$), conduit à une augmentation du diamètre des gouttes de huile lors de la formation de l'émulsion (**Destrib, 2010**). Cela est dû à la solubilité maximale des protéines de l'interface huile-eau en présence de sel à des concentrations inférieures à 1M par un effet salting-in. Cependant, des fortes concentrations en sel au-delà de 1M, la solubilité des protéines est minimale par effet salting-out, donc la capacité émulsifiante est minimale.

III.8.2. La solubilité

III.8.2.1. Définition

Les protéines du lactosérum sont généralement solubles dans l'eau, cela signifie qu'elles se dissolvent facilement dans l'eau, ce qui les rend utiles dans de nombreuses applications alimentaires et industrielles, la solubilité des protéines de lactosérum peut être affectée par des facteurs tels que le pH, la température, la force ionique.

III.8.2.2. Les facteurs influençant sur la solubilité

- **La force ionique** : L'effet des sels neutres sur la solubilité des protéines dépend de la force ionique de la solution, c'est-à-dire de la concentration et de la charge des ions.
 - Force ionique faible (salting in) : à des concentrations en sels inférieures à 1M, la solubilité des protéines augmente (interaction protéine-eau).
 - Force ionique élevée (salting out) : à des concentrations en sels supérieures à 1M, la solubilité des protéines diminue (interaction protéine-protéine) (**Li et Xiong, 2020**).
- **La température** : la solubilité des protéines augmente avec la température comprise entre 40 et 50°C, une élévation plus forte de la température diminue la solubilité des protéines suite à la dénaturation de leur structure secondaire, favorisant les interactions hydrophobe entre les protéines (**Mine, 1995**).
- **Le pH** : le pH est le facteur qui détermine la solubilité des protéines, près du point isoélectrique (p_i), où la libération est facilitée par la plus grande attraction électrostatique entre les protéines, la charge nette de la protéine est nulle et la solubilité est minimale, lorsque le pH est supérieur ou inférieur à p_i , l'interaction des protéines avec l'eau augmente car les protéines sont chargées positivement ou négativement, à des valeurs de pH proche de p_i , les protéines ont une interaction
- minimale avec l'eau (**Zayas, 1997**)



*Partie
expérimentale*

IV: Matériels et méthodes

IV.1. L'objectif

L'objectif de cette étude consiste à valoriser le lactosérum brut, comme substituant d'eau, dans la fabrication d'un lait recombinaé subventionné en sachet, tout en gardent les mêmes caractéristiques physico chimiques (MG et MS) du lait de référence. Cette incorporation de lactosérum dans le produit fini pourrait être une solution pour la diminution de la pollution due au lactosérum d'une part, et d'amortir le coût de revient du produit fini et la facture d'importation des poudres de laits en Algérie d'autre part. Les taux d'incorporation du lactosérum est déterminé grâce à un model mathématique réalisé sur Excel.

IV .2. Matériels

L'ensemble de matériel biologique et non biologique utilisés dans cette étude sont présentés dans le tableau :

Tableau IX : Matériel utilisé dans la partie expérimentale

Produit et réactifs	Appareillage
Carbonate de sodium	Béchers
Hydroxyde de sodium	Pipettes-graduées
Sulfate du cuivre	Entonnoir
Tartrate de sodium et de potassium	Eprouvette-graduée
Réactif de folin –ciocalteu	Fiole-jaugée
SDS	Spatule
	Réfrigérateur
	pH-mètres
	Balance-analytique
	Lactoscan (Funk Gerber)
	Agitateur magnétique

III.3 Méthodes

III.3.1 Modèle de simulation de la valorisation du lactosérum

III.3.1.1 Le principe du calcul en model Excel

La formulation de fabrication du lait repose sur la quantification des paramètres physico-chimiques (EST, MG) des matières premières concernées (poudre de lait entier (P26) et poudre de lait écrémé(P0), eau et lactosérum) afin de garder les mêmes paramètres (EST,

Partie expérimentale

MG) aussi bien dans le lait de référence ainsi que lait à base de lactosérum. Ceci est rendu possible grâce à l'intégration de substances élémentaires (MG, EST, etc.) apportées par le lactosérum, qui une fois intégré dans la matrice, va permettre de calculer la différence en matières (MS, EST, etc.) à apporter par les nouvelles quantités de poudres de lait (P0 et P26) qui seront vus à la baisse, car une partie de matières élémentaires est apportée par le lactosérum ; La quantité du lactosérum à incorporer dans la formulation va dépendre du taux de substitution en eau fixé dès le départ.

Tableau X : Quantités de matières premières de la formulation de base pour 100 grammes

Ingrédients	Quantité(g)
Poudre de lait 0%	8.85
Poudre de lait 26 %	5.43
Eau	85.72
Total	100

III.3.1.2 Modèle mathématique adopté

◆ Détermination des quantités des matières élémentaires apportées par chaque ingrédient
Les équations utilisées dans cette simulation sont liées aux paramètres physico-chimiques (humidité, EST, MG, protéines).

Le modèle mathématique utilisé pour déterminer la quantité de matière première dans le lait (à base d'eau) est donné par l'équation N° 1 suivante :

$$Q_{MPEFE} = [X_{PF} * 100] / X_{MP}(\%) \dots \dots \dots \text{Eq1}$$

Q_{MPEFE} : Quantité (gramme) de matière première élémentaire à utiliser (P26, P0) dans la formulation à base d'eau.

X_{PF} : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (H, EST, MG,) fixé du produit fini.

% X_{MP} : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (EST, MG, H,) de la matière première utilisée prise en considération dans le modèle de calcul.

◆ Détermination de la quantité du lactosérum de substitution d'eau l'apport nécessaire du lactosérum pour remplacer la quantité d'eau utilisée dans la préparation standard est obtenue par l'équation N° 2 :

Partie expérimentale

$$Q_{\text{Lact (g)}} = [Q_{\text{ERS}} * 100] / H_{\text{Lac (\%)}} \dots \text{Eq 2}$$

$Q_{\text{Lact (g)}}$: Quantité du Lactosérum à utiliser.

Q_{ERS} : Quantité d'eau dans la recette standard.

H_{Lac} : Teneur en humidité dans 100 g du Lactosérum.

◆ Détermination des quantités élémentaires totales de la nouvelle formule

La quantité élémentaire totale apportée par les ingrédients dans la nouvelle formule est calculé par soustraction entre l'équivalent de la recette standard et celui du lactosérum, selon l'équation N° 3 suivante :

$$Q_{\text{ETNF (Kg)}} = Q_{\text{ETFE}} - Q_{\text{EL}} \dots \text{EQ 3}$$

$Q_{\text{ETNF (Kg)}}$: Quantité élémentaire totale apportée par les ingrédients dans la nouvelle formule.

Q_{ETFE} : Quantité élémentaire totale dans la formule à base d'eau.

Q_{EL} : Quantité élémentaire apportée par le lactosérum.

◆ Détermination des quantités de matières premières à utiliser dans la formulation à base du lactosérum.

Pour déterminer les quantités de matières premières laitières à utiliser, on va garder les mêmes pourcentages (HST, MG, H, Protéine) de notre lait de référence qui sont déjà pris en considération par le modèle adopté, par l'équation N° 4 suivante :

$$Q_{\text{MPL}} = [X_{\text{E (\%)}} * 100] / X_{\text{MPLE (\%)}} \dots \text{EQ 4}$$

Q_{MPL} : Quantité (g) de matière première laitière à utiliser (P26, P0) dans la formule lactosérum.

X_{E} : Quantité (g) élémentaire (EST, MG, H%, Protéines) à apporter par la matière première dans la formulation à base du lactosérum, H%, Protéines) dans 100 grammes de matière première

X_{MPLE} : Quantité élémentaire (EST, MG, H%, protéines) dans 100gramme de matière première

Partie expérimentale

◆ Choix du taux d'incorporation à utiliser :

Après avoir appliqué les équations précédentes, nous avons préparé 4 différents taux de lactosérum/eau (100 %, 75%, 50% ,25%). Ces derniers ont soumis à un test d'appréciation afin de choisir le meilleur lait demi écrémé reconstitué à base du lactosérum.

III.3.1.2.1 Etude technico-commerciale

Selon les prix des matières premières sur le marché national, le coût de production d'un kg (1000g) de lait est déterminé par la formule N° 5 :

$$A = (\sum_{QMP} * P_u) / Q_v \dots \dots \dots \text{EQ 5}$$

A: le coût de production des deux formules eau et lactosérum ;

\sum_{QMP} : L'ensemble des quantités de matières premières utilisés ;

P_u : Prix unitaire des matières premières/kg ;

Q_v : Quantité total de lait à produire.

Équation N°6 permet de calculer les taux de réductions des matières premières :

$$T_{RMP} = 100 - (\sum_{QMP L} * 100) / \sum_{QMPE} \dots \dots \dots$$

T_{RMP} : Taux de réductions des matières premières.

$\sum_{QMP L}$: L'ensemble des quantités de matières premières utilisés dans la formule lactosérum .

\sum_{QMPE} : L'ensemble des quantités de matières premières utilisées dans la formule eau

Équation N° 7 permet de calculer l'amortissement du prix de revient de cette valorisation. On soustrait le cout de production des de deux formules : le prix de revient de la formule standard et le prix de **revient** de la nouvelle formule :

$$TR = [(AFE - AFL) / PUE] * 100 \dots \dots \dots \text{EQ7}$$

TR : Taux de réduction de coût de production du lait au lactosérum

AFE : Prix du cout de production de la formule-eau

AFL : Prix du cout de production de la formule-lactosérum

PUE : Prix unitaire de la formule standard (eau)

Partie expérimentale

Équation N°8 détermine combien d'argent est économisé lors de la récupération du lactosérum :

$$Ed = (QL * \Delta P) / 100 \dots \dots \dots EQ8$$

Ed : L'argent économisé dans la valorisation du lactosérum

QL : Quantité totale de lait

\Delta P : Différence entre le prix de production de la formule-eau et de la formule-lactosérum

III.3.1.2.2 Estimation de l'effet environnemental de la valorisation du lactosérum

L'effet positif de cette valorisation sur l'environnement est estimé par la détermination des quantités annuelles des lactosérums qui peuvent être directement récupérées et incorporées dans le produit fini, au lieu d'être rejetées dans les eaux résiduelles. Cette valorisation va permettre d'apprécier la réduction de la pollution en se référant à son équivalent de pollution apporté par habitant. Comme elle permet également la quantification des substrats utiles (MG, protéine, lactose) qui peuvent être récupérés et réutilisés dans divers domaines.

III.3.1.2.3 Estimation de l'équivalent en pollution humaine

La multiplication de QL An par son équivalent en pollution, qui est de 1EH= 60g/l de matière sèche du lactosérum, va permettre d'apprécier et de quantifier l'effet positif de cette étude sur le plan environnemental.

III.3.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques

III.3.2.1 Matière grasse et lactose

Nous avons utilisé l'appareil (lactoscan).

Principe

Le lactoscan est un petit appareil avec lequel on analyse le lait automatiquement, il contient un écran où s'affiche les résultats d'analyse. Il est utilisé pour la détermination des matières grasses, des protéines, du lactose, du pH, du point de congélation et de la température.

Mode opératoire

C'est un test rapide, plusieurs paramètres en 50 secondes :

Partie expérimentale

- ✓ Rincer régulièrement avec de l'eau distillée (rinçage automatique par la machine) après étalonnage ;
- ✓ Prendre un échantillon de lait, mettre dans la tasse que on doit remplir suffisamment puis la placer à l'endroit de prise de la mesure et plonger le tube d'admission dans l'échantillon
- ✓ Appuyez sur le bouton entré
- ✓ Puis dans quelque seconde on aura les résultats sur l'écran ; faire la lecture
- ✓ Cependant, avant le prélèvement, il doit être mélangé uniformément et délicatement pour éviter les bulles d'air, et la température doit être à 20°C, toutes les analyses physico chimiques ont été faites à l'aide d'un lactoscan, mais aussi d'un hydromètre pour la densité, d'un pH mètre pour l'acidité et d'un incubateur pour la présence ou l'absence d'antibiotiques.

III.3.2.2 Acidité titrable

Principe

L'acidité nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Cette acidité provient essentiellement de la teneur en acide lactique. Le lait ensuite peut s'acidifier progressivement sous l'action des ferments lactique qui transforment le lactose en acide lactique.

Mode opératoire

- Prélever 10 ml d'échantillon à doser ;
- Ajouter 2 gouttes de phénol-phtaléine (1%) ;
- Doser avec du NaOH (N/9) jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante ;
- Noter le volume de NaOH versé.

$$AT \text{ (g/l)} = V * 10$$

AT : Acidité titrable.

V : Volume de NaOH utilisé en ml.

1°D = 0,1 g/l d'acide lactique.

III.3.2.3 Mesure de pH

Principe

La valeur du pH est un indicateur de l'état de fraîcheur aussi du lait, consiste à mesurer les ions H⁺ du produit à analyser à l'aide d'un pH-mètre à une température de 20°C.

Mode opératoire

Pour la poudre de lait

- Dissoudre une quantité de 10,3g de poudre de lait dans 100 ml d'eau distillée et homogénéiser très bien.
- Plonger les électrodes du pH-mètre dans l'échantillon
- Lire la valeur du pH affichée sur l'écran

Pour les liquides (lactosérum)

Elle se fait par l'immersion de l'électrode du pH- mètre dans un bécher contenant un échantillon d'eau utilisé (ou lactosérum) dans la fabrication du fromage. La valeur du pH s'affiche directement sur l'écran.

III.3.2.4 Détermination de l'extrait sec total et l'humidité

Principe

C'est le résidu obtenu après évaporation complète d'eau de l'échantillon par la technique infrarouge.

Mode opératoire

- Tarer une coupelle;
- Mettre 3g du produit à analyser dans la coupelle ;
- Réglér le dessiccateur à 105°C ;
- Baisser le capot de l'appareil ;
- Après quelques minutes le résultat est affiché en pourcentage sur l'écran de l'appareil.

$$\text{EST (\%)} = 100 - \text{H\%}$$

Donc pour déterminer le taux d'humidité c'est avec l'équation suivante :

$$H\% = 100 - EST\%$$

III.3.2.5 Dosage des protéines

Principe

La méthode de Lowry est une méthode de dosage colorimétrique des protéines. En effet, la protéine réagit avec un réactif dit phospho-tungsto-molybdique (réactif de FolinCiocalteu), ce dernier est composé d'un mélange de tungstate de sodium et de molybdate de sodium en solution dans de l'acide phosphorique et de l'acide chlorhydrique. Ce réactif permet la réduction des acides aminés aromatiques (tyrosine et tryptophane) conduisant à la formation d'un complexe coloré bleu foncé dont on mesurera l'absorbance entre 650 et 750 nm.

Mode opératoire

Pour la gamme étalon

- Mélanger la solution alcaline (solution de carbonate de sodium alcalin à 20g/L dans 0.1M de soude) à la solution de protéines à doser ;
- Ajouter une solution de sulfate de cuivre et de tartrate double de sodium et de potassium ;
- Laisser incuber au minimum 10 minutes à température ambiante ;
- Ajouter ensuite le réactif de Folin (dilué au demi) sous agitation rapide ;
- Attendre 30 minutes, et mesurer la DO à 750 nm ;

Préparation des échantillons

- Préparation des dilutions décimales de l'échantillon (lait et lactosérum) allant de 10^{-1} à 10^{-3} ;
- A partir de la dilution 10^{-3} de chaque échantillon de lait et a partir de la dilution 10^{-2} de chaque échantillon de lactosérum on prélève 0,5 ml et répartir dans 9 tubes à essai de sorte que chaque tube contient 0,5 ml de la dilution ; à 0,5 ml de la solution d'échantillon contenant entre 20 μ g de protéines ;
- On rajoute à chaque tube 2,5 ml de la solution C puis homogénéiser ;
- Laisser 5 à 10 minutes à température ambiante ;
- Ajouter 0,25ml de réactif de Folin-ciocalteu ; - Homogénéiser rapidement et mettre les tubes 30 minutes à l'obscurité ;
- Après 30 min, homogénéiser les solutions rapidement et lire la densité optique (DO) à 750 nm.

III.3.3 L'analyse sensorielle

Partie expérimentale

L'analyse sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils qui permettent de définir, mesurer, analyser et d'interpréter les caractéristiques sensorielles d'un produit fini.

Ce profil sensorielle permet de décrire les composantes d'un produit par l'utilisation des cinq sens pour avoir une carte d'identité des produits. Notre objectif est l'identification des préférences des dégustateurs pour créer le meilleur produit. Pour cela une journée a été prise pour effectuer ce test au niveau de laboratoire qui composée de 3 parties.

La première partie : préparation des échantillons (le lait) à différents pourcentage (100%,25%,50%,75%).

La deuxième partie : dégustation du produit par un groupe de dégustateur composé de 12 personnes de chacun a sa place, sa table et sa fiche, les produits à déguster et un gobelet remplis d'eau, afin de réaliser un rinçage de bouche après chaque dégustation.

La dernière étape : afin de donner leur appréciation, une fiche technique du produit a été élaborée en prenant compte des différents critères du produit (amertume, goût, acide, odeur, couleur).

III.3.4 Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines

III.3.4.1 Pouvoir moussant

Pour déterminer la capacité moussante des protéines des 3 échantillons lait 0%,25% et lactosérum on prend un volume de 30 ml (v) de chaque échantillon puis sont transférés dans des éprouvettes graduées de 50ml. A l'aide d'un homogénéisateur, les solutions protéiques sont homogénéisées à une vitesse de 13500 rpm pendant 5 min et prendre la valeur v', les solutions sont laissées en repos pendant 30 min puis on prélève la valeur v''.

Le volume total des échantillons a été mesuré avant et après le fouettage. La capacité moussante (CM) a été calculée par cette équation (OGUNWOLU ; 2009)

$$CM(\%) = \frac{V' - v}{v} \times 100$$

V' : volume après homogénéisation

V : volume initial avant homogénéisation

La stabilité moussante a été calculée par cette équation :

$$SM(\%) = \frac{V'' - V}{v} \times 100$$

Partie expérimentale

V'' : volume après 30 minutes

V' : volume après homogénéisation

III.3.4.2 Pouvoir émulsifiant

Pour déterminer le pouvoir émulsifiant des protéines des 3 échantillons lait 0%, lait 25% et lactosérum 15ml de chaque échantillon prendre 5ml dans des éprouvettes graduées de 50ml mélangés avec 5ml d'huile d'olive. Les mélanges ont été homogénéisés à l'aide d'un homogénéisateur à 17200 pm. A partir des émulsions mère 20 µl de chaque échantillon, a été diluée dans une solution SDS de 4, 95ml. L'absorbance des solutions diluées a ensuite été mesurée à 500 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Ogunwolu ; 2009)

A partir des valeurs enregistrées, nous avons déterminé la capacité émulsifiante, exprimée par l'indice d'activité émulsifiante (IAE) et ce paramètre est donné par la formule

$$IAE = \frac{2 \cdot (2.303 \cdot A_0 / l) \cdot DF}{\varphi \cdot c \cdot 10000}$$

DF : facteur de dilution

l : longueur de la cuve = 1cm

A₀: DO a t₀

A₁₀: DO a t₁₀

c: concentration

φ: = 0,25 constant

A partir des valeurs enregistrées, nous avons déterminé la stabilité émulsifiante, exprimée par l'indice de stabilité émulsifiante (ESI) et ce paramètre est donné par la formule :

$$ESI = \frac{A_{10} \cdot \Delta t}{\Delta A}$$


A₀: DO a t₀

A₁₀: DO a t₁₀

Partie expérimentale

$\Delta A: A_0 - A_{10}$

$\Delta t: 10 \text{ min}$



*Résultats et
discussions*

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1 Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

Tous les résultats obtenus après nos expériences précédentes sur, la poudre de lait, lactosérum, sont regroupés dans un tableau.

Tableau XI : Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières lactosérum et poudres

Paramètre	Matière première					
	P26	Norme d'AFNOR (1986)	P0	Norme d'AFNOR (1986)	Lactosérum	Travaux (SOTTIEZ, 1985) sur le lactosérum
Densité	/	/	/	/	1,0244	/
EST (%)	95.6	≥96%	96		6,1	5 – 6,5
MG	0.6%	0%	26%	30%	6 g/L	1 g/L
Lactose g/L	44.5%	/	45%	/	74,5	75
Protéine	32.4%	26-28%	31.1	34%	13 g/L	13,5 g/L
Acidité (D°)	15	Entre 15 à 18°D	11	Entre 15 à 18°D	12	≥12
PH	6.5	6,5 à 6,75	6.75	6,5 à 6,75	6,65	6.5 – 7
H%	4.4	≤5	4	≤5	93.04	93.5%-95%

Les poudre de lait P0 et P26

D'après les résultats présentés dans le tableau concernant les analyses physicochimiques des poudres de lait, on peut noter que ces poudres répondent à normes recommandées par la norme (AFNOR1986). En effet, toutes les valeurs obtenues concernant l'ensemble des paramètres recherchés sont conformes aux normes d'AFNOR.

Le lactosérum

Le lactosérum à enregistré une teneur en lactose de l'ordre de 74.5g /L, Cette valeur est proche de celle décrite par (SOTTIEZ,1985). Lactosérum contenant la majeure partie de lactose, la richesse de ce dernier en lactose est due au processus de séparation du caillé de lactosérum où le lactose est éliminé avec le lactosérum ;

La teneur en protéines de lactosérum est évaluée à 13g /L valeur proche de la norme

Résultats et discussions

Les valeurs du pH, d'EST du lactosérum, sont respectivement de 6.65 et de 6.1% sont également conforme aux valeurs décrites par (SOTTIEZ, 1985). Par contre il présente une valeur de matière grasse supérieure de celle rapportée par (SOTTIEZ, 1985). La raison principale de la richesse du lactosérum en MG qui est de 6g/L est probablement liée aux procédés de séparation du lactosérum et aussi au fait qu'une quantité importante de la MG du lait est retenue dans le lactosérum.

IV.2 Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé

Nous avons fait une analyse sur le lait demi écrémé à titre de comparaison, où nous avons considéré le lait demi écrémé comme une source de référence pour comparer les résultats obtenus avec ceux de lait reconstitué à base de lactosérum. Les résultats de cette analyse sont regroupés dans le tableau ci-dessus

Tableau XII : Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé

Paramètre	lait écrémé	demi Normes (FEINBERG et ALAIS, 1987)
H%	86.24	89.6
EST%	13.76	10.4
Protéine%	3	3.19
MG g /l	15	15.45
Lactose %	4.6	4.7 à 5.2

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, nous montrent qu'elles sont très proches aux normes.

IV.1.4 Les résultats de la simulation

IV.1.4.1 Les résultats des analyses physico-chimiques des 4 laits (théorique)

Tableau XIII : Les résultats des analyses physico-chimiques des 4 produits finis

Paramètres	Lait 25% de lactosérum	Lait 50% de lactosérum	Lait 75% de lactosérum	Lait 100% de lactosérum
H%	86.24	86.24	86.24	86.24
EST%	13.76	13.76	13.76	13.76
Protéine%	1.60	1.47	1.34	1.21
MG%	1.5	1.5	1.5	1.5
Lactose%	7.39	8.34	9.30	10.26

Résultats et discussions

Le but de cette recherche consiste à s'intéresser à la valorisation du lactosérum en remplaçant l'eau par ce dernier, sans le changement des paramètres physico-chimiques du produit. Les résultats assurent qu'il n'y a pas une différence significative entre les 4 laits à base de lactosérum et le lait demi écrémé par rapport au paramètre tel que (EST, MG). Donc nous avons arrivé à notre objectif visé dès le départ : garder les mêmes caractéristiques physico-chimiques.

IV.1.4.2 Résultats des analyses physico-chimiques des lait 0% et 25% (pratique)

Nous avons fait une analyse sur les laits 0% et 25% à titre de comparaison

Tableau XIV: Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé

Paramètre	0%	25%
H%	89.56± 0.97	90.22± 0.26
EST%	10.44± 1.06	9.78 ±0.34
Protéine%	2.97± 0.33	3.42± 0.56
Lactose%	4.3± 0.39	4.5 ±0.39
MG%	1.52± 0.32	1.53± 0.15

Le résultat du tableau ci-dessus ne montre qu'il n'y a pas une grande différence dans le paramètre physico-chimique des deux laits 0% et 25%

IV.2 Résultats de test d'appréciation (analyse sensorielle) des différents taux d'incorporation du lactosérum.

Après avoir fait un test d'appréciation sur les 4 laits reconstitués des différents taux d'incorporation du mélange lactosérum/eau ; à l'aide de plusieurs dégustateurs, on a constaté que le lait reconstitué 25% du lactosérum est le plus apprécié grâce à son goût et sa texture ainsi sa forte similarité au lait de vache demi écrémé.(annexe5)

IV.3 Les résultats techno-commerciaux

Les quantités et le coût de poudre avant et après la valorisation. Du lactosérum sont présenter dans le Tableau XV

Tableau XV : Les quantités et le coût de poudre avant et après la valorisation.

Avant valorisation	Après valorisation	Taux de réduction
Quantités de P26 (Kg) 8.85	7.521845891	1.328154109
Quantités de P0 (Kg) 5.43	5.152339726	0.280660274
Le coût (DA) 6594.237936	5909.234901	685.00303
bénéfice pour chaque 1 Kg (DA)	6.85	
Quantités de P26 et P0 nécessaire selon le besoin nationale en tonne (avec valorisation du lactosérum)	190138.6074	
Quantités de P26 et P0 nécessaire selon le besoin nationale en tonne (sans valorisation du lactosérum)	215550.2471	
Gain en tonne	25411.63976	
Gain en DA	11127771616 DA	

Après avoir analysé le tableau ci-dessus, nous remarquons d'après les résultats obtenus que notre préparation présente un grand avantage sur le niveau techno-commercial ont peut dégager un bénéfice de l'ordre de 6.85 DA pour chaque 1 Kg, et un bénéfice de 11127771616 DA eur le besoin nationale annuelle Ce qui présente un amortissement de charge avec un pourcentage très perceptible.

L'intérêt économique de cette étude est qu'elle peut être suivie par les industries agroalimentaires algériennes afin de diminuer la facture d'achat des poudres, ainsi améliorer leur chiffre d'affaire.

IV.4 Aspect environnemental

Les quantités annuelles du lactosérum régénéré et de fromage produit sont présentées dans le Tableau XVI

Tableau XVI: Estimation des quantités annuelles du lactosérum régénéré et de fromage produit

Quantité du fromage produite annuelle en Algérie (Tonne)			
Fromage tous types		52150 tonnes	
Fromage fondu		41720 tonnes	
Quantité du lactosérum régénérée annuellement en Algérie			
		Tonnes	Litres
Lactosérum produite annuellement	produite	46935	45834960.94
Besoin total en lactosérum pour la reconstitution		34578.17879	33767752.72

Le tableau ci-dessus montre que la quantité du lactosérum produite annuellement est de 46935 tonnes en sachant que $1\text{EH}=60\text{ g/L}$ et donc une pollution de 715483740.2Eh. Notre étude nous a permis d'estimer la quantité de lactosérum à valoriser annuellement au lieu d'être rejetée dans la nature est d'environ 34578.17879 tonnes et donc de réduire la pollution d'équivalent habitant estimé à 526579514.3 avec un pourcentage de 73.59%

IV.5 Le résultat du pouvoir émulsifiant et moussant

Tous les résultats obtenus après nos expériences précédentes sur les deux laits 0% et 25% et le lactosérum sont regroupés dans les tableaux suivants.

Tableau XVII : résultat du pouvoir émulsifiant et moussant du lactosérum

Echantillon	Pouvoir émulsifiant	Stabilité émulsifiant	Pouvoir moussant	Stabilité moussant
Lactosérum	0.0076	169.013	9.99	3.33

Résultats et discussions

Tableau XVIII : résultat du pouvoir émulsifiant et moussant des laits 0% et 25% (EST/MG)

Echantillon	Pouvoir émulsifiant (m ² /g)	Stabilité pouvoir émulsifiant (min)	Pouvoir moussant (%)	Stabilité pouvoir moussant (%)
Lait 0%	0.0044	88.25	38.88	17.77
Lait 25%	0.0017	59.38	24.44	15.53

Le tableau ci-dessus a démontré des différences significatives dans le pouvoir émulsifiant et moussant entre les deux laits évalués. Le lait 0% a montré une moyenne du pouvoir émulsifiant et moussant plus élevée par rapport et aussi une meilleure stabilité émulsifiante et moussante dans le lait 0% que dans le lait 25%. Cette différence dans le pouvoir émulsifiant peut être attribuée à plusieurs facteurs, la teneur en protéines était également différente avec une concentration plus élevée dans le lait 0% par rapport au lait 25%. Les protéines du lait sont des émulsifiants naturels qui stabilisent les émulsions.

Tableau XVIII: résultat du pouvoir émulsifiant et moussant des laits 0% et 25% (protéine/MG)

Echantillon	Pouvoir émulsifiant (m ² /g)	Stabilité pouvoir émulsifiant (min)	Pouvoir moussant (%)	Stabilité pouvoir moussant (%)
Lait 0%	0.0012	198	46.66	16.66
Lait 25%	0.0011	176	38.88	14.44

Le tableau ci-dessus a démontré qu'il n'y a pas de grandes différences dans le pouvoir émulsifiant et moussant entre les deux laits évalués. Le lait 0% a montré une moyenne du pouvoir émulsifiant et moussant plus élevée par rapport au lait 25% et aussi une meilleure stabilité émulsifiante et moussante dans le lait 0% que dans le lait 25%. Cette différence minime dans le pouvoir émulsifiant et moussant nous renseigne que le lait à base de lactosérum peut avoir les mêmes caractéristiques techno-fonctionnelles avec le lait demi-écrémé et peut être utilisé dans l'industrie pour la réalisation des mousses et des émulsions.



***Conclusion et
perspectives***

Conclusion et perspectives

Le lactosérum, un sous-produit des unités de production de fromages, est l'un des rejets les plus polluants pour l'environnement en raison de sa composition organique et minéralogique. Sa valorisation est donc essentielle pour réduire la pollution environnementale et diminuer les coûts d'achat de poudre.

Dans notre travail, nous avons développé de nouvelles technologies pour valoriser le lactosérum en remplaçant l'eau par ce dernier. Grâce à un modèle mathématique appliqué sur Excel, nous avons pu déterminer la quantité optimale d'eau à remplacer par le lactosérum, ainsi que le taux d'incorporation de poudre.

Nous avons constaté que le lactosérum, riche en éléments nutritifs, peut être valorisé dans la formulation d'un lait en remplaçant partiellement l'eau (25% de lactosérum, 75% d'eau).

Des tests sensoriels ont montré qu'il n'y a pas de préférence entre le lait 25% de lactosérum et celui contenant 100% de lait en termes de goût, d'odeur et de couleur. Les analyses physico-chimiques réalisées en laboratoire ont confirmé que le lactosérum est un sous-produit de grande valeur alimentaire, avec une quantité importante de matière sèche. En utilisant cette quantité de matière sèche, nous avons pu déterminer le pourcentage d'incorporation de poudre et calculer le taux de bénéfice après la réduction de celle-ci, ce qui équivaut à 6.85DA pour chaque 1 kg. et l'industrie alimentaire peuvent bénéficier de 11127771616 DA pour le besoin nationale annuelle ,.et sur le plan écologique, la quantité du lactosérum régénérée annuellement est estimé à 46935 Tonnes, donc cette étude nous a permis de réduire la pollution d'équivalent habitant estimer a 526579514.3

La valorisation du lactosérum dans l'élaboration de produits alimentaires tels que le lait permet de

Diminuer la pollution de l'environnement

D'augmenter la valeur nutritive du produit

D'économiser la poudre de lait.

Comme perspectives de ce travail nous proposons de

- ✓ Suivre l'évolution du produit eu coures du stockage,

Conclusion et perspectives

- ✓ Essayer de remplacer l'eau par le lactosérum dans la fabrication des produits laitiers,
- ✓ Eviter le jet du lactosérum dans l'environnement pour éviter sa pollution.



*Références
bibliographique*

Références bibliographiques

- Arevalo, A.T.2017. “Étude environnementale comparative des procédés de valorisation du lactosérum”. Mémoire, Université Laval, 78 p.
- AGNES N, (1986). Production des protéines à partir de lactosérum brut. Thèse de 3ème cycle, université de Lyon, France.
- ALAIS C. (1984). Science du lait, Principe des techniques laitières, 3eme édition. Paris,
- Alais C., Linden G., Miclo L., 2008. Biochimie alimentaire, Dunod, 6ème édition, Paris, pp 86-88.*Alimentaire de la Production agricole*. Masson Paris Milan Barcelone.1994.
- Amellal R, 1995. La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Options Méditerranéennes, Série. B / n°14, 1995 Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b14/CI960052.pdf>
- Amellal, R. (1995). La filière du lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. CIHEAM. Options Méditerranéennes Série B, n14 Pp : 229- 238.
- Amiot G, Fournier S., Lebœuf Y., Paquin P., Simpson R., 2002. Composition, propriétés
- Anonyme. (2014). Un marché mondial de quoi aiguïser les appétits. Agroligne N° 90 - Mai / Juin 2014, 56 p.
- Apria (1973). Les lactosérums : traitement et utilisation. Association pour la promotion
- Apria (1973). Les lactosérums : traitement et utilisation. Association pour la promotion Industrie agriculture. Paris. P : 68-151.
- Apria (1973). Les lactosérums : traitement et utilisation. Association pour la promotion industrie agriculture. Paris. P : 68-151.
- APRIA ; 1980 : «Actualités scientifique et technique en industrie agro-alimentaire » ; utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale.
- APRIA, (1973). Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P: 3-132.
- Ayoub Bensakhria 2018 : Valorisation du Lactosérum magasin science
- Baldasso, C., Barros, T.C and Tessaro, I.C. 2011. Concentration and purification of Whey proteins by ultrafiltration. Elsevier, volume 278, Issues 1-3, 381-386.

Références bibliographiques

- Baldasso, C., Barros, T.C and Tessaro, I.C. 2011. Concentration and purification of Whey proteins by ultrafiltration. Elsevier, volume 278, Issues 1-3, 381-386
- Bardy Sarah, BENTZ Mathilde, Bussiere Thalys, CHATRAS Jérémy, FONTAINE Louise, GAUGLER Maëlle, LECHAT Audrey, LEFRANC Alexis et LENGRONNE Ombeline valorisation du lactosérum (rapport de projet université de lorraine 2016).
- Bekhouche- Guendouz N (2011). Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba. Thèse de Doctorat Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger (ENSA). Alger. Pp : 49, 58.
- BENAISSA M., (2018). Valorisation Du Lactosérum Par Les Bactéries Lactiques. Université D'Oran Ahmed Ben Bella Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie département De Biotechnologie thèse De doctorat En sciences spécialité: Biotechnologie option Ecosystèmes Microbiens Complexes.
- BENCHARIF, 2001. in La production laitière bovine en Algérie 55.
- BENSLAMA. A 2015 : Le lait et Le lactosérum Université Mohamed Khider-Biskra Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie.
- BOTOFONJA GINA K, (1994). Etude de l'activité acidifiante de Streptococcus salivarius thermophilus et Lactobacillus delbrückii ssp bulgaricus et croissance d'un ferment lactique sur lactosérum. Mémoire d'ingénieur en technologie des industries agro-alimentaires, INA, El-Harrach. Alger, 90p.
- Boudier J-F;luquet F-M.(1989).utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale .p 2-40.
- Boudier J.F. et Luquet F.M. (1989). Utilisation des lactosérums en Alimentation Humaine et Animale. N° 21, LABCODRA, FNSIA, Douai. 1-113.
- Bouquelet S. (2008). Les Protéines alimentaires in : « Biochimie alimentaire », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille
- Cayote P et Lorient D. (1998). Structure et techno-fonctions des protéines du lait. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. p 363.
- Chambre, M., & Daurelles, J. (1997). Le fromage fondu. Le fromage, 691-708.
- Cheftel J., CuqJ-L. et Lorient D. (1985). Protéines alimentaires : Biochimie-Propriétés

Références bibliographiques

- Cheriet F (2006).Analyse des alliances stratégiques entre FMN et PME: cas de l'accord Danone Djurdjura en Algérie. Thèse de Master of Science n° 79, 2006 IAMM, CIHEAM, 2006.
- Cheryan M. (1998). Ultrafiltration and microfiltration handbook, thechnomic publishing company Lancaster ,PA
Compost. Revue suisse Agric., 36(5), 220-224.
- Corradini C. & Innocente N., 1994. Influenza della frazione dei proteoso-peptoni sulla formazione della schiuma del latte. Sci. Tecn. Lattiero-Casearia, 45(2), 107-113.
- Dalglish D. (1996). - Food Emulsions, in: Sjoblom I. (eds) - Emulsions and Emulsion stability, Marcel Dekker inc., New York, 287-325.
- De Wit, J. N. (1981). Structure and functional behaviour of whey proteins. Netherlands Milk Dairy Journal (Netherlands).
- Fateh Mamine M'hand Fares Guillaume Duteurtre Toufik Madani (2021) Régulation du secteur laitier en Algérie entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale : synthés
- De Witt J.N., Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1e édn., European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique, 2001.
- Debry G. (2001). Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).
- Dickinson E. (1998). Proteins at interfaces and in emulsions Stability, rheology and interactions. J Chem Soc Faraday Trans,94.
- Dickinson E., et Tanai S. (1992). Protein displacement from the emulsion droplet by oilsoluble and water- soluble surfactant, J Agric Food Chem, 40 (2), 179-183.s DOC. Lavoisier, Paris. 637p.
- DRISS A. (2017). Besoins de l'Algérie en lait : La production nationale stagne. Journal L'ECHO D'ALGERIE.
- Duchesne C. (2002). Caractéristiques et usages des émulsions bitumineuses (liant d'accrochage). Bulletin d'information technique fonctionnelles-Valeur nutritionnelle-Modifications chimique. Tec Et doc. Paris, France.

Références bibliographiques

Ganjam, LS ; Thornton, WH; Marshall, RT ; MacDonald, RS Effets antiprolifératifs des fractions de yaourt obtenu par dialyse membranaire sur des cellules intestinales des mammifères en culture. *J. Dairy Sci.* 1997, 80, 2325-2339.

-GERARD B et DEBRY G., (2001). Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP : 44-5 .

-Girardet J.M. et al., 1995. Structure of glycoproteins isolated from bovine milk component PP3. *Eur. J. Biochem.*, 234, 939-946.

-Gonzalez C., Herranz A. et Vallée C. (2004). Les propriétés moussantes du lait. Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 20p

-Gryson, C., Walrand, S., Guillet, C., & Boirie, Y. (2008). Protéines fonctionnelles: le nouvel «Eldorado» des aliments santé?. *Médecine des maladies métaboliques*, 2(4), 355-362.

-Guimarães, P. M. R., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bioethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey

-Guiraud JP. (2003). *Microbiologie Alimentaire*. Edition Dunod. Paris. Pp : 136-139).

-Hachachna Z (1999). Evolution du concept de politique alimentaire et ses effets sur la consommation : exemple de l'Algérie. Thèse de master of science, IAMM, CIHEAM, 1999.

-Halling P. (1981). Protein-stabilised foams and emulsions. *c.r.c crit. Rev food science and nutrition*. 15, 55-203.

-Imadalou S., 2020 la rescousse de la Filière lait en Algérie : « Choix politicien ou simple pisaller ». *EL WATAN*, édition économie.

industrie agriculture. Paris. P : 68-151.

- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brule G. 2008. *Les produits Laitiers*. 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, 185 p .

-JEAN C., et DIJON C., (1993). *Au fil du lait*, ISBN 2-86621-172-3

-Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G, (2008). *Les produits laitiers*, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).

-Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G. (2007). *Science des aliments technologie des produits alimentaires tec et doc*, Lavoisier : 17 (456pages).

Références bibliographiques

- KACIMI EL HASSANI S. (2013). La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? *Mediterranean Journal Of Social Sciences* Vol 4, N°11,152
- Kadi S. A., Djellal F., Brhiche M., 2007. Caractérisation de la conduite des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou. Algérie. *Livestock Research For Rural Development*.12p.
- Kali S., Benidir M., Ait Kaci K., Belkheir B., Benyoucef M.T., 2011. Situation de la filière lait en Algérie : Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural development*, 23(8). <http://www.lrrd.org/lrrd23/8/Kali23179.htm>
- Kouamé-Sina S., Bassa A ., Dadié A ., Kmakita K., Grace D., Dje M. Et Bonfoh B. (2010). Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue Africaine de sante et de production animales* .RASP A .8 :35-36.
- Koudri H., Harrache B., Ben Amirouche H., 2018. Analyse structurelle de la filière lait en Algérie. *Revue Des économies nord Africaines* Vol 14 / N ° (19) 2018, P 39-47.
- KOYUNCU I., TURAN M., TOPACIK D., ATES A., (2000). *Water sci. Techno* 41, (1), (2000), pp213.
- LAPLANCHE J., DUCOGNON V., TREVISAN D., (2006). Traitement du lactosérum par filtration Sur compostensemencé de vers, épuration of lactosérum in a compost filterwith worms, syndicat des apagistes, fruits communs et vendeur direct de Savoie, Maison De l'agriculture- 73/90 SAUT BALDOPH.2006.
- Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait: transformation du lait*, Presses inter Polytechnique.larousse agricole ,2002 .767p.
- Laplanche, J. (2004). Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric*,36(5) ,220-224.
- Leghlimi H., 2004. Optimisation de la production de la cellulase d'Aspergillus niger ATCC 16 404 cultivé sur un milieu à base de lactosérum : étude comparative entre Aspergillus niger ATCC 16 404 et Aspergillus niger O.Z isolée localement. Thèse de Magistère. Université Mentouri. Constantine.
- LENDEN, LORIENT : «Utilisation of cheese whey comonents in humans foods ».807p, Tom 1 ET 2 sl Paris.

Références bibliographiques

- LEONIL J., MICHALSKI M.C. et MARTIN P., (2013). Les structures supramoléculaires du lait: structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. INRA Prod. Anim26(2), 129-144.
- LINDEN G. et LORIENT D., (1994). *Biochimie agro industrielle; valorisation*
- LINDEN G., & LORIENT D., (1994). Valorisation alimentaire de la production agricole.
- LINDEN, G ; & LORIENT. (1994). Biochimie agro-industrielle, D .Valorisation
- LORTAL S., BOUDIER. Thapon, J. L. (2005). Science et technologie du lait. Agrocampus-Rennes, France, 14, 77.
- LUPIN D., (1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. FAO,Alimentation et nutrition. pp: 25-38.
- LUQUET F. M, (1985). Lait et produits laitiers : vache, brebis, et chèvre. ED. TEC et
- LUQUET F.M, (1986). Lait et les produits laitiers : vache, brebis, chèvre. ED.TEC et DOC. Lavoisier, Paris, T3, 445P.
- LUQUET F.M. et BOUDIER J.F., (1984). Utilisation des lactosérums en Alimentation humaine et animale. Apria., 21, p : 1-7, 66, 83-90.
- Luquet, F. M. (1985). "Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualite, energie et tables de composition."
- M. DAHACH, "Valorisation du lactosérum par incorporation dans des produits laitiers," 2019.
- MADR, 2013. Commerce extérieur agricole, période 2000 - 2012.
- MADR, 2013. Séries statistiques agricoles A et B.
- Madureira, A., Pereira, C., Gomes, A., Pintado, M., Malcata, X. (2007). *Bovine whey proteins*. Overview on their main biological properties. Food Res Int.40 (10):1197-211.
- Makhlouf M. & Montaigne E. (2017). Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières
- Makhlouf M., 2015. « Performance de la filière laitière locale par le renforcement de la coordination contractuelle entre les acteurs : Cas de la Wilaya de Tizi-Ouzou – Algérie », Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Références bibliographiques

- Markus ,CR ,Olivier ,B.,de Haan ,EH La protéine de lactosérum riche en α -lactalbumine augmente le rapport plasmatique tryptophane à la somme des autre grande acides aminés neutre et améliore les performances cognitives dans sujets sensible au stress .Suis .J.clin .Nutr .2002,75,1051,-1056.
- MATHIEU, J., 1999. Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3 - 190 (220 pages) .
- MEREIO M., (1971). *Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie*. ind, agro-alim, pp : 817823.
- MOLETTA R., (2002). Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc 2002Xx -600p.
- MOUFFOK C 2007: Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister en sciences animales Institut national agronomique INA Alger2007.
- MOUFFOK C 2007: Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister en sciences animales Institut national agronomique INA Alger2007.
- MORR C.V., and HA E.Y.W.,(1993). Whey protein concentrates and isolates: processing and Functional properties. Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6) (1993), pp431- 476.
- (Mélanie Faucher 2022) Valorisation éco efficiente du lactosérum doux par procédés électro dialytiques pour la production de fractions phospholipidique et peptidique potentiellement bioactives Thèse Doctorat en sciences des aliments Québec, Canada.
- MULLER A, (2003). Bernard Chaufer, Uzieren, Georges Daufin; prepurification of alpha actalbuminewith UF ceraic membranes fromacidcaseinwhey: study of operating conditions .lait 83, 111-129.
- Mulvihill, D. and P. Fox (1989). "Physico-chemical and functional properties of milk proteins." Developments in dairy chemistry 4: 131-172.
- OMAR S et SABRY S., (1991). Microbial biomass and protein production from whey. Journal of Islamic Academy of Sciences, 4: 170-172.

Références bibliographiques

- Panesar, P. S., J. F. Kennedy, et al. (2007). "Bioutilisation of whey for lactic acid production." *Food chemistry* 105(1): 1-14.
- Pescuma, M., de Valdez, G. F., & Mozzi, F. (2015). Whey-derived valuable products obtained microbial fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(15), 6183–6196. <http://doi.org/10.1007/s00253-015-6766-z>.
- physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In:
- Poirier, M. *Industrie de transformation du lait et environnement. Guide technique sectoriel.* Gouvernement de Québec, (1996).
- Portier J. (2008). *Les fiches explicatives : comprendre les émulsions, la belle verte.* publication internet.
- POUGHEON S et GOURSAUD J., (2001). *Le lait caractéristiques physicochimiques* In DEBRY G., *Lait, nutrition et santé*, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
- POUGHEON S., (2001). *Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière*, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 14 et 34 (102 pages).
- Ramos, O. L., Pereira, R. N., Rodrigues, R. M., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., & Malcata, F. X. (2016). Whey and Whey Powders: Production and Uses. *Encyclopedia of Food and Health*, 498-505. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00747-9>.
- Rijnvallei A. 2013. Point de congélation du lait n : 375, disponible sur : <https://www.lely.com/fr/farming-insights/fms-etude-sur-la-qualite-du-lait-point-decongelat/>
- Romain Jeantet, Thomas Croguennec, Michel Mahaut, Pierre Schuck et Gérard Brulé (2008) : *Les produit laitiers 2ème Edition* Lavoisier, P : 02/ P : 09.
- Shimizu M., Yamauchi K. & Saito M., 1989. Emulsifying properties of the proteose-peptone fraction obtained from bovine milk. *Milchwissenschaft*, 44(8), 497-500.
- Silait Salon international du lait (2008). *Acte du 1er salon international du lait et de ses dérivés du 27 au 29 mai 2008* Alger.
- Sofia Kalli et al .,2018. Éléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie (*international of business & économie strategy (IJBES)* vol .8 pp . 12-19).
- SOTTIEZ P ;(1985). *Produits dérivés des fabrications fromagères. Lait et produits Laitiers: vache, brebis, chèvre/Société scientifique d'hygiène alimentaire; François.*

Références bibliographiques

- SOTTIEZ P., (1990). produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers, tome 2. Ed ; Lavoisier, Paris. (1990), pp 357- 392.
- Sottiez P., Produits dérivés des fabrications fromagères, in: Luquet F.M. (Ed.), Lait et Produits Laitiers, Vol. 2, Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, France, 1995, pp. 357–392
- Sottiez, P. (1985). Produits dérivés des fabrications fromagères. Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre/Societe scientifique d'hygiene alimentaire; Francois M. Luquet, coordonnateur, assiste de Yvette Bonjean-Linczowski; prefaces de J. Keilling, R. de Wilde
- Soukehal A., 2013. Communications sur la filière laitière. Colloque relatif à La sécurité alimentaire: quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ? Alger, 8 avril 2013.
- STOLL W., (2003). Vaches laitières- l'alimentation influence la composition du lait, vol 9, <http://db-alpadmin-ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf>
- Spalatelu, C. (2012). Biotechnological valorisation of cheese whey. Innovative Romanian Food Biotechnology, 10(March), 1–8. <http://doi.org/10.1056/NEJMra1313875>.
- Thakur R. K. Vial, Ch. et Djelveh, G. (2003). Foaming of commercial grade food products in a continuous stirred column. international group of chemical and process engineers and material scientist. 81, 1083-1089
- Veisseyre R., Technologie du lait, La Maison Rustique, Paris, 1995.
- Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presse Internationales Polytechniques, Canada. Pp :3-75).
- VIGNOLA C.L. 2002. Science et technologie du lait-transformation du lait, Canada : Presses internationales poly techniques, p. 444-460
- VIOLLEAU V., (1999). valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat. Montpellier 1999.
- Visser R.A., Nan den Bos M.J. et Ferguson W.P. (1988). Lactose and its chemical Derivates. bullets of I.D.F, n°233, pp: 33-44.
- VRIGNAUD Y., (1983). *Valorisation du lactosérum, une longue histoire*. Revue Laitière française n°422, PP : 41-46
- VRIGNAUD Y., (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue Laitière française n°422, PP : 41-46.

Références bibliographiques

-Walzem, R.L., Dillard, C.J., German, J.B. (2002). Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: What we know and what we may be overlooking. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 42: 353

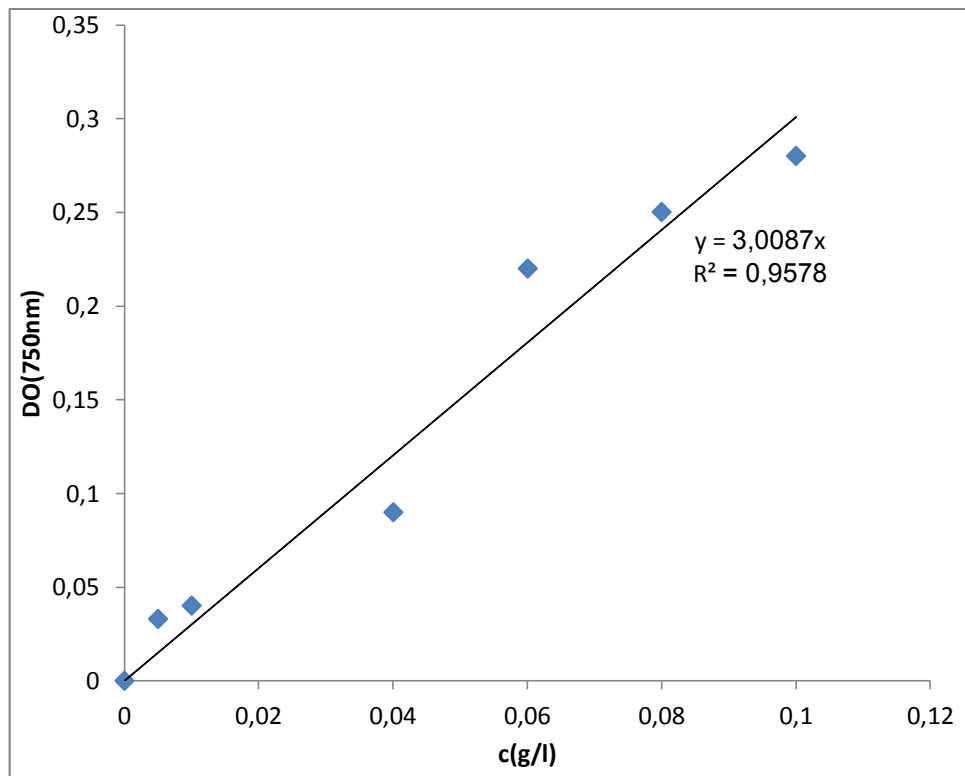
Yvette Soustre & Anne-Sophie Royant le lait.

-Zadow, J.G. (2003). Whey and whey powders: production and uses. Caballero B, Finglas P, Toldra F, editors. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2e ed. Academic Press.

-Zhu H. & Damodaran S., 1994. Proteose-peptone and physical factors affect foaming properties of whey protein isolate. *J. Food Sci.*, 59(3), 554-560.



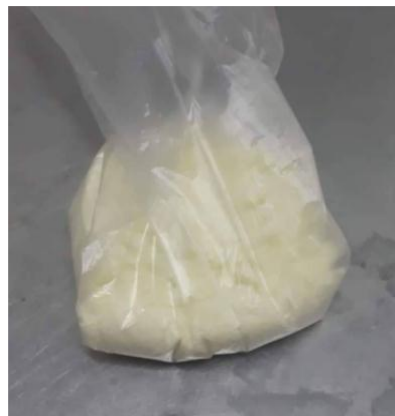
Annexes



Annexe1 : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines



Lactosérum



poudre (P26)



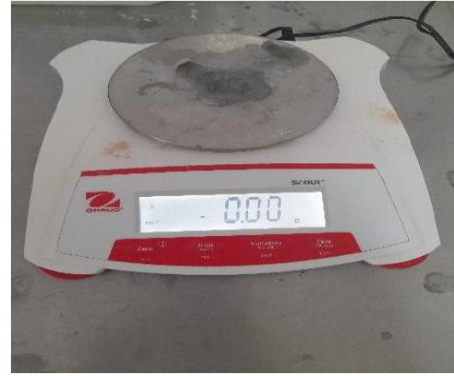
poudre(P0)

Annexe2 : les ingrédients utilisés

Annexes



Ph metre



balense analytique



Spectrophotomètre UV-Visible

annex3 : l'appareillage utilisé

Couleur					Odeur					Gout acide					Amertume				
ech	0 %	25 %	50 %	75 %	ech	0 %	25 %	70 %	75 %	ech	0 %	25 %	50 %	75 %	ech	0 %	25 %	50 %	75 %
Blanche					Absence					Absence					Absence				
Blanche cassée					Faible					Faible					Faible				
Jaune					Moyenne					Moyenne					Moyenne				
					Forte					Forte					Forte				
					Très forte					Très forte					Très forte				

Annexe4 : la fiche sensorielle

Annexes

appréciation					
	Lait 0%	Lait 25%	Lait 50%	Lait 75%	Lait 100%
très agréable	44,7	42,4	21,1	16,02	0,5
Agréable	52	50,9	33,5	25,6	2,9
moyenne	3,2	6,9	6,5	2,86	10,6
Désagréable	0	0	20	26,92	40,6
très désagréable	0	0	18	28,5	45,4

Annexe5 : les résultats de l'analyse sensorielle .